



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

ANA GHAYATUL ARIFAH
NRP. 3114 030 034

MUHAMMAD RIZIQ AKBAR
NRP. 3114 030 061

Dosen Pembimbing

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
KULIAH FAKULTAS TEKNIK DI MALANG
DENGAN METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

**ANA GHAYATUL ARIFAH
NRP. 3114 030 034**

**MUHAMMAD RIZIQ AKBAR
NRP. 3114 030 061**

Dosen Pembimbing

**RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL APPLIED PROJECT - RC145501

**STRUCTURE DESIGN OF THE COLLEGE
FACULTY OF ENGINEERING IN MALANG
USING INTERMEDIATE MOMENT FRAME
SYSTEM METHOD**

**ANA GHAYATUL ARIFAH
NRP. 3114 030 034**

**MUHAMMAD RIZIQ AKBAR
NRP. 3114 030 061**

Consellor Lecturer

**RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**CIVIL ENGINEERING DIPLOMA PROGRAM
CIVIL ENGINEERING INFRASTRUCTURE DEPARTEMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH
FAKULTAS TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
pada
Program Studi Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, Juli 2017

Disusun oleh:

MAHASISWA I

ANA GHAYATUL A.

NRP. 3114030034

MAHASISWA II

MUHAMMAD RIZIO A.

NRP. 3114030061

Disetujui Oleh:

DOSEN PEMBIMBING

27 JUL 2017

**24
07 '2017**

RADEN BUYUNG ANUGRAHA AFFANDHIE, ST., MT.

**DEPARTEMEN
TEKNIK INFRASTRUKTUR
NIP. 19740203 200212 1 002**



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda : 037713/ITZ.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7 Juli 2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan Menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah		
Nama Mahasiswa 1	Ana Ghayatul A.	NRP	3114030034
Nama Mahasiswa 2	Muhammad Riziq A.	NRP	3114030061
Dosen Pembimbing 1	R. Buyung AA, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Pengujii
	R. Buyung AA, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002
- Cek perhitungan kolom, dimensi, tulangan lentur dan geser.	
	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003
- Cat rasio tulangan pada belok maksimum dan minimum - cek tulangan geser balok.	
	Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001
- Gambar denah balok dan rencana plat defleksi - Perulangan tangga dan perhitungan tangga.	
	Ir. Munarus Suluch, MS NIP 19550408 198203 1 003

Persetujuan Hasil Revisi

Dosen Pengujii 1	Dosen Pengujii 2	Dosen Pengujii 3	Dosen Pengujii 4
R. Buyung AA, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Afif Navir R, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001	Ir. Munarus Suluch, MS NIP 19550408 198203 1 003

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 R. Buyung AA, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002	NIP



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PROGRAM STUDI DIPLOMA - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 MUHAMMAD RIZIQ A. 2 ANA GHAYATUL A.
NRP : 1 3114030061 2 3114030034
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN STRUKTUR BUDUNG KUALITY FAKULTAS TEKNIK DI
 UALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMULU MOMEN MENENAHU
Dosen Pembimbing : RADEN BUYUNG ANUGRAHA, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	17 Februari 2017	Daerah diperbaiki, Preliminari Desain balok $\frac{e}{12}$, Dimensi kolom dibuat sama. Pembebanan menggunakan ASCE-7 Perhitungan beban gempa dicari reprensi static Ekuivalen.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	28 Februari 2017	Preliminari Desain sloof = balok Perulangan Pada pelat Pembebanan (beban hidup) sesuai Pesturan pembebanan.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	13 Maret 2017	Pelat diberi beban dinding merata Daerah lab sungai diperbaiki Beban partisi ditanggap sama karena dinding sudah merata. Kolom Lipt leleh kecil.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	07 April 2017	Input beban angin sesuai windrose daerah tersebut / Arah angin dominan Tidak mengitung pondasi → Kolom pendek diabaikan pada SAP. Menghitung Portal tergan. Momen pada pelat menggunakan EN1 tapi untuk pelat dua arah.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 80116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ara Ghayatul A 2 Muhammad Rizq A
NRP : 1 3119030039 2 3119030061
Judul Tugas Akhir : Perencanaan struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan Metode Sistem Bangsa pemukul Momen Menengah.
Dosen Pembimbing : Raden Buyung Anugrah Appandhie, st., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5	25 April 2017	Pelet (tulangan) menggunakan PB15/1				
		Pelet (SNI 2013) untuk cabang				
		Darah roof top kolom tidak boleh		B	C	K
		berhempu balok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Tangga (momen) dihitung manual				
		Untuk koreksi SAP				
		Perhitungan kolom mengacu pada saya		B	C	K
		asnal		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	3 Mei 2017	Tulangan susut dipasang 2% dari total				
		jumlah dari total plat / 1m lebar				
		Tangga menggunakan tebal efektif		B	C	K
		Timpu kolom satu portal per lantai		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		dibedakan				
		Penyusunan laporan di beri 1 contoh				
		Perhitungan dan direkapitulasi		B	C	K
		keseluruhan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Berat tulangan/besi dalam $1m^3$				
		beton maksimal $240 kg/m^3$				
		kolom At/Ac $\geq 3\%$		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ana Ghayatul A. 2 Muhammad Riziq A.
NRP : 1 3119030034 2 3114030061
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan Metode Sistem Rangka pemikul Momen Menengah
Dosen Pembimbing : Raden Buyung Anugraha Affandhie, ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
7.	10 Mei 2017	Asumsi perletakan tangga dikawat pada salah satu sisi kuat. Penulangan sloof sama seperti kolom bedanya pada letak sisi penulangan Apabila letak sloof di dekat bangunan maka sipat sloof sama seperti balok		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
8.	19 Mei 2017	Kolom (dimensi) diperbesar 70/70. Dimensi Balok anak diperbesar Tianggan pelat dibuat prak 150 mm Input beban disesuaikan dengan Dimensi yang baru. Bartanding dibuat mengacu pada referensi TA pak usiparko.		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
9.	31 Mei 2017	Pertulangan sloof ditentikan terlebih dahulu mirip balok atau kolom Panjang penguatan ditentuk 90° Metode pelaksanaan = pertulangan bestat Pertulangan kolom setiap lantai		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Ana Hayatul A. 2 Muhammad Riziq A.
NRP : 1 3114030034 2 3114030061
Judul Tugas Akhir : perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan Metode Sistem Rangka pemikul Momen Menengah
Dosen Pembimbing : Roden Buyung Anugraha Affandhie, ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9	31 Mei 2017	rumun dilaporkan dikumpulkan dalam bentuk tabel saja .				
		Perhitungan geser ditambah kakinya		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		Momen tangga menggunakan kombinasi beban gravitasi				
				<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
10	9 Juni 2017	Sangat sudah bekerja tukang kolom sebagai tul tarik sehingga panjang penyaluran menggunakan 4 tarik				
		Pelat dan tangga sebagai beban tidak memiliki simulasi beban pada pemodelan struktur		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
11	14 Juni 2017	Bordes tidak masuk hitungan portal		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		Ditambah volume beton .		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Perbandingan volume besi dan volume beton : 200 kg/m ³ untuk kalok .				
		Diameter dapat dihitung sendiri		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		Laporan boleh dalam bentuk tabel .		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Senggang 1/2 Utama .				

Ket.
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH
FAKULTAS TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

Nama Mahasiswa : Ana Ghayatul Arifah
NRP : 3114 030 034

Nama Mahasiswa : Muhammad Riziq Akbar
NRP : 3114 030 061

Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil-FV-ITS

Dosen Pembimbing : Raden Buyung A. A., ST., MT.
NIP : 19740203 200212 1 002

ABSTRAK

Gedung Kuliah Fakultas Teknik yang digunakan dalam perencanaan dan penyusunan tugas akhir berlokasi di Jalan MT. Haryono No.167 Lowokwaru, Malang. Luas bangunan sebesar $\pm 512 \text{ m}^2$ dan memiliki 6 Lantai. Berdasarkan hasil Standart Penetration Test (SPT), diketahui bahwa gedung dibangun diatas tanah dengan kondisi tanah sedang (Kelas situs SD) dan berdasarkan fungsinya termasuk dalam kategori resiko IV, sehingga gedung kuliah ini termasuk kaegori disain seismik C. Pada tugas akhir ini dilakukan modifikasi gedung yang terletak pada atap, semula menggunakan rangka baja dimodifikasi menjadi pelat beton. Perhitungan struktur pada gedung ini akan direncanakan dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Perencanaan gedung mengacu pada peraturan pembangunan gedung di Indonesia. Analisa gempa dalam perencanaan ini digunakan metode analisis statik ekuivalen berdasarkan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung

dan Peta Hazzard Indonesia 2010 dengan probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun, keseluruhan struktur adalah beton bertulang yang mengacu pada SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur, sedangkan analisa struktur digunakan program SAP2000. Kontrol kebutuhan tulangan pada kolom menggunakan program PCAColumn. Proses perhitungan struktur meliputi penentuan system struktur, analisa pembebanan, permodelan struktur, analisa gaya dalam, perhitungan penulangan, serta cek persyaratan elemen struktur. Struktur sekunder berupa pelat dan tangga yang dipikul struktur primer yaitu balok dan kolom. Struktur bawah terdiri dari sloof.

Dari hasil analisis struktur dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah diperoleh dimensi balok induk 50 x 75 cm, dan kolom 70 x 70 cm dengan konfigurasi tulangan 12D25. Hasil dari perhitungan volume tulangan dan volume beton struktur utama diperoleh rasio 181,397 Kg/m³ untuk portal memanjang, dan 162,488 Kg/m³ untuk portal melintang. Tingkat keekonomisan struktur yang direncanakan salah satunya dapat dilihat dari rasio volume tulangan dan volume beton. Pada akhir juga disertakan metode pelaksanaan dari pekerjaan struktur kolom berupa tahapan pelaksanaan pekerjaan kolom.

Kata kunci: Analisis Statik ekuivalen, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah, Struktur Bangunan Gedung.

**STRUCTURE DESIGN OF THE COLLEGE FACULTY
OF ENGINEERING IN MALANG USING
INTERMEDIATE MOMENT FRAME SYSTEM
METHOD**

Student's Name : Ana Ghayatul Arifah
NRP : 3114 030 034

Student's Name : Muhammad Riziq Akbar
NRP : 3114 030 061

Departement : Teknik Infrastruktur Sipil-FV-ITS

Supervisor : Raden Buyung A. A., ST., MT.
NIP : 19740203 200212 1 002

ABSTRACT

Faculty of Engineering Building used in the planning and preparation of the final task is located on MT. Haryono street No.167 Lowokwaru, Malang. Building area of $\pm 512 \text{ m}^2$ and has 6 Floors. Based on the results of Standart Penetration Test (SPT), it is known that the building is built on soil with moderate soil conditions (Class of SD site) and based on its function is included in the category of risk IV, so that the lecture building is including categorizing seismic design C. In this final project modified building on the roof, originally using a modified steel frame into concrete slab. The calculation of structures in this building will be planned using Medium Moment Resistive Frame System (SRPMM) method.

Building planning refers to building regulations in Indonesia. Earthquake analysis in this planning is used static equivalent analysis method based on SNI 1726: 2012 on Procedure of Earthquake Resistance Planning for Building Structure and Non Building and Indonesia Hazzard Map2010 with probabilities exceeded 10% in 50 years, the overall

structure is reinforced concrete referring to SNI 2847: 2013 on Structural Concrete Requirements for Building Structure, SNI 1727: 2013 on Minimum Expenses for Building Design and Structure, while analysis Structure used SAP2000 program. Control the reinforcing needs of the column using the PCAColumn program. The process of calculating the structure includes the determination of the structure system, load analysis, structural modeling, inner style analysis, calculation of reinforcement, and check the requirements of structural elements. Secondary structure of the plate and ladder bears the primary structure of beams and columns. The lower structure consists of sloof.

From the result of structural analysis with Medium Moment Resistive Frame System method, the dimension of master beam 50 x 75 cm, and 70 x 70 cm column with 12D25 reinforcement configuration. The result of the calculation of the volume of reinforcement and the volume of the main structure concrete obtained ratio 181,397 Kg/m³ for the longitudinal portal ,and 162,488 Kg/m³ for transverse portal. The economics level of the planned structure can be determined by the ratio of volume of reinforcement and the volume of the main structure concrete. At the end also included the implementation method of the column structure work in the form of stages of implementation of the column work.

Keywords : Static Equivalent Analysis, Intermediate Moment Frame System Method, Building Structure.

KATA PENGANTAR

Assalammuualikum Wr. Wb.

Puji syukur selalu tercurahkan kepada Allah SWT karena atas limpahan rahmad dan hidayah-Nya Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik Di Malang Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah” dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir merupakan suatu kewajiban bagi mahasiswa departemen teknik infrastruktur sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Tersusunnya proposal tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan. Untuk itu begitu banyak ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta, sebagai semangat, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil, terutama doa.
2. Bapak Raden Buyung Anugraha Affandhie, ST., MT. Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir
3. Segenap dosen dan karyawan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Surabaya
4. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terima kasih atas bantuan dan saran selama proses pengerjaan proyek akhir ini.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan melakukan survey lokasi dan keadaan proyek yang akan dijadikan objek perencanaan dan perhitungan dalam Tugas Akhir. Besar harapan semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi tolak ukur untuk penyusunan Proposal Tugas Akhir selanjutnya bagi teman-teman dan para pembaca. Maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna menunjang kesempurnaan dalam menyusun Tugas Akhir.

Wassalammuualikum Wr. Wb

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR NOTASI.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Lokasi Studi.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Perubahan Desain.....	7
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	8
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).....	9
2.4 Pembebanan.....	11
2.5 Kombinasi Pembebanan.....	33
2.6 Perencanaan Pelat.....	33
2.7 Perencanaan Balok.....	42
2.8 Perencanaan Kolom.....	50

2.9 Perencanaan Tangga.....	54
2.10 Perhitungan Volume Pembesian.....	55
BAB III METODOLOGI	61
3.1 Pengumpulan Data	61
3.2 Study Literatur	61
3.3 Penentuan Sistem Struktur	61
3.4 Preliminari Desain.....	63
3.5 Perhitungan Pembebanan	65
3.6 Perhitngan Beban Gempa.....	66
3.7 Pemodelan Struktur	66
3.8 Verifikasi Manual (Kontrol Output SAP)	66
3.9 Analisis Gaya Dalam.....	67
3.10 Perhitungan Penulangan Struktur	67
3.11 Kontrol Persyaratan	81
3.12 Gambar Rencana	81
3.13 Perhitungan Volume Tulangan.....	82
3.14 Metode Pelaksanaan	82
3.15 Penyusunan Laporan	82
3.16 Flow Chart	83

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	97
4.1 Penentuan Sistem Struktur	97
4.2 Perencanaan Dimensi Struktur	101
4.3 Perhitungan Struktur.....	119
4.4 Perencanaan Dimensi dan Tulangan Pelat.....	135
4.5 Perhitungan Balok	189
4.6 Perhitungan Kolom.....	403
4.7 Perhitungan Volume	441
4.8 Metode Pelaksanaan Kolom	455
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	463
5.1 Kesimpulan.....	463
5.2 Saran.....	470
DAFTAR PUSTAKA.....	471

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Gedung	5
Gambar 2. 1 Gaya lintang rencana untuk SRPMM	11
Gambar 2. 2 Peta Respon Spektra (S _s)	15
Gambar 2. 3 Peta Respon Spektra (S ₁).....	16
Gambar 2. 4 Koefisien Tekanan Eksternal (C _p).....	30
Gambar 2. 5 Koefisien Tekanan Eksternal (C _p) (Lanjutan) ...	31
Gambar 2. 6 Dimensi Bidang Pelat	34
Gambar 2. 7 Dimensi Bidang Pelat	35
Gambar 2. 8 Balok Tengah.....	38
Gambar 2. 9 Perpanjangan minimum tulangan pada slab.....	41
Gambar 2. 10 Detail batang tulangan berkait	56
Gambar 3. 1 Gaya Lintang pada Balok Akibat.....	72
Gambar 3. 2 Faktor Panjang Efektif (k)	78
Gambar 3. 3 Gaya Lintang pada Kolom	80
Gambar 3. 4 FlowChart Penyusunan Laporan.....	83
Gambar 3. 5 (Lanjutan) Flow Chart Penyusunan Laporan	84
Gambar 3. 6 Flow Chart Penentuan Sistem Struktur.....	85
Gambar 3. 7 Flow Chart Perhitungan Beban Gempa	86
Gambar 3. 8 (Lanjutan) Flow Chart Perhitungan Gempa.....	87
Gambar 3. 9 Flow Chart Perhitungan Struktur Utama	88
Gambar 3. 10 Flow Chart Penulangan Lentur Balok.....	89
Gambar 3. 11 Flow Chart Penulangan Geser Balok	90
Gambar 3. 12 Flow Chart Penulangan Lentur Kolom	91
Gambar 3. 13 Flow Chart Penulangan Geser Kolom	92
Gambar 3. 14 Flow Chart Perhitungan Struktur Sekunder	93
Gambar 3. 15 Flow Chat Penulangan Pelat	94
Gambar 3. 16 Flow Chart Penulangan Tangga dan Bordes.....	95
Gambar 3. 17 Flow Chart Perhitungan Struktur Bawah	96

Gambar 4. 1 Balok Induk yang Ditinjau.....	101
Gambar 4. 2 Balok Anak yang Ditinjau	102
Gambar 4. 3 Kolom yang ditinjau	104
Gambar 4. 4 Sloof yang ditinjau.....	105
Gambar 4. 5 Pelat yangditinjau (Tipe S1)	107
Gambar 4. 6 Penampang Pelat.....	108
Gambar 4. 7 Mekanika perencanaan tangga.....	114
Gambar 4. 8 Denah perencanaan Tangga Utama	115
Gambar 4. 9 Potongan tangga utama.....	115
Gambar 4. 10 Potongan tangga utama (diperbesar).....	116
Gambar 4. 11 Tampak Atas Penulangan Pelat (S1)	148
Gambar 4. 12 Tampak Atas Penulangan Pelat (S3)	158
Gambar 4. 13 Tampak Atas Penulangan Pelat (S4)	168
Gambar 4. 14 Potongan Pelat tangga.....	172
Gambar 4. 15 Diagram N Tangga Utama.....	178
Gambar 4. 16 Diagram D Tangga Utama.....	179
Gambar 4. 17 Diagram D Tangga Utama.....	179
Gambar 4. 18 Potongan Pelat tangga.....	183
Gambar 4. 19 Denah Rencana dan Penulangan Tangga.....	186
Gambar 4. 20 Potongan dan Detail Tangga.....	187
Gambar 4. 21 Denah Pembalokan	189
Gambar 4. 22 Tinggi Efektif Balok	190
Gambar 4. 23 Diagram Aksial pada Balok.....	191
Gambar 4. 24 Diagram Torsi pada Balok.....	192
Gambar 4. 25 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok ..	192
Gambar 4. 26 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok..	192
Gambar 4. 27 Diagram geser pada Balok.....	192
Gambar 4. 28 Luasan Penampang Balok.....	193
Gambar 4. 29 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar.....	229
Gambar 4. 30 Gambar Penulangan Balok Induk (BI 1)	231

Gambar 4. 31 Gambar Detail Penulangan Balok.....	231
Gambar 4. 32 Denah Pembalokan (Balok Anak).....	236
Gambar 4. 33 Tinggi Efektif Balok anak.....	237
Gambar 4. 34 Diagram Aksial pada Balok.....	238
Gambar 4. 35 Diagram Torsi pada Balok.....	239
Gambar 4. 36 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok ...	239
Gambar 4. 37 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok..	239
Gambar 4. 38 Diagram geser pada Balok.....	239
Gambar 4. 39 Luasan Penampang Balok.....	240
Gambar 4. 40 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar.....	271
Gambar 4. 41 Gambar Penulangan Balok Anak (BA 1).....	274
Gambar 4. 42 Gambar Detail Penulangan Balok.....	274
Gambar 4. 43 Tinggi Efektif Balok anak.....	280
Gambar 4. 44 Diagram Aksial pada Balok.....	281
Gambar 4. 45 Diagram Torsi pada Balok.....	281
Gambar 4. 46 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok ...	282
Gambar 4. 47 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok..	282
Gambar 4. 48 Diagram geser pada Balok.....	282
Gambar 4. 49 Luasan Penampang Balok.....	283
Gambar 4. 50 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar.....	316
Gambar 4. 51 Gambar Penulangan Balok Bordes (BB 1)	318
Gambar 4. 52 Gambar Detail Penulangan Balok.....	318
Gambar 4. 53 Tinggi Efektif Balok.....	321
Gambar 4. 54 Diagram Aksial pada Balok.....	322
Gambar 4. 55 Diagram Torsi pada Balok.....	322
Gambar 4. 56 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok ...	323
Gambar 4. 57 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok..	323
Gambar 4. 58 Diagram geser pada Balok.....	323

Gambar 4. 59 Luasan Penampang Balok.....	324
Gambar 4. 60 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar.....	357
Gambar 4. 61 Gambar Penulangan Balok Lift (BL).....	359
Gambar 4. 62 Gambar Detail Penulangan Balok.....	359
Gambar 4. 63 Denah Pembalokan	361
Gambar 4. 64 Tinggi Efektif Balok	362
Gambar 4. 65 Diagram Aksial pada Balok.....	363
Gambar 4. 66 Diagram Torsi pada Balok.....	364
Gambar 4. 67 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok...	364
Gambar 4. 68 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok..	364
Gambar 4. 69 Diagram geser pada Balok.....	364
Gambar 4. 70 Luasan Penampang Balok.....	365
Gambar 4. 71 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar.....	398
Gambar 4. 72 Gambar Penulangan Balok Sloof (BS)	401
Gambar 4. 73 Gambar Detail Penulangan Balok.....	401
Gambar 4. 74 Tinggi Efektif Kolom	404
Gambar 4. 75 Denah Posisi Kolom K1 (70/70) Pada As 2-C	405
Gambar 4. 76 Faktor Panjang Efektif (K)	412
Gambar 4. 77 Diagram Interaksi Akibat Momen Arah X	416
Gambar 4. 78 Penampang Kondisi Tekan Menentukan	419
Gambar 4. 79 Diagram Interaksi Akibat Momen Arah Y	424
Gambar 4. 80 Penampang Kondisi Tekan Menentukan	428
Gambar 4. 81 Penampang Kolom K2.....	430
Gambar 4. 82 Grafik Akibat Momen Pada PcaColumn	432
Gambar 4. 83 Hasil Output Pada PcaColumn	432
Gambar 4. 84 Gaya Lintang Rencana Untuk SRPMM.....	434
Gambar 4. 85 Hasil Output Pracolumn	434

Gambar 4. 86 Lintang Rencana Untuk SRPMM	435
Gambar 4. 87 Gambar Penulangan Kolom K1	440
Gambar 4. 88 Denah Pembalokan yang Ditinjau.....	441
Gambar 4. 89 Denah kolom yang Ditinjau	444
Gambar 4. 90 Denah Pembalokan yang Ditinjau.....	448
Gambar 4. 91 Denah kolom yang Ditinjau	451
Gambar 4. 92 Hasil Sambungan Tulangan Kolom.....	457

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa*, dan Es.....	14
Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa	15
Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs	17
Tabel 2. 4 Koefisien situs Fa	18
Tabel 2. 5 Koefisien situs Fv	18
Tabel 2. 6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.....	19
Tabel 2. 7 Koefisien Batasan Atas Perioda yang Dihitung.....	20
Tabel 2. 8 Faktor Reduksi Gempa	21
Tabel 2. 9 Faktor Arah Angin (Kd)	24
Tabel 2. 10 Faktor Topografi (Kzt)	26
Tabel 2. 11 Koefisien tekanan internal (GCpi).....	27
Tabel 2. 12 Konstanta Eksposur Daratan.....	28
Tabel 2. 13 Koefisien eksposur tekanan velositas	29
Tabel 2. 14 Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	35
Tabel 2. 15 Tebal minimum pelat tanpa balok interior.....	36
Tabel 2. 16 Rasio Penulangan Pelat.....	39
Tabel 2. 17 Pelindung Beton untuk Tulangan	43
Tabel 2. 18 (Lanjutan) Pelindung Beton untuk Tulangan.....	44
Tabel 2. 19 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir....	49
Tabel 2. 20 (Lanjutan) Panjang penyaluran batang ulir dan...	50
Tabel 2. 21 Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik	56
Tabel 2. 22 (Lanjutan) Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik	57
Tabel 2. 23 Berat Besi	59
Tabel 3. 1 Rasio Luas Tulangan.....	69
Tabel 3. 2 Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik	74

Tabel 3. 3 (Lanjutan) Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik	75
Tabel 4. 1 Perhitungan Klasifikasi Situs	97
Tabel 4. 2 Tabel S_{DS}	99
Tabel 4. 3 Tabel S_{DI}	99
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dimensi Tangga	118
Tabel 4. 5 Koefisien Tekanan Dinding (C_p)	124
Tabel 4. 6 Tekanan Angin	125
Tabel 4. 7 Distribusi Beban Angin	125
Tabel 4. 8 (Lanjutan) Distribusi Beban Angin	126
Tabel 4. 9 Perhitungan Klasifikasi Situs	127
Tabel 4. 10 Beban Total Setiap Lantai	129
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Letak Titik Berat.....	130
Tabel 4. 12 Pusat Kekakuan Bangunan	130
Tabel 4. 13 Eksentrisitas Bangunan	131
Tabel 4. 14 Gaya Gempa Perlantai.....	132
Tabel 4. 15 Gaya Gempa Perkolom Perlantai	133
Tabel 4. 16 Momen pada pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban terbagi rata.....	136
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat.....	169
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Penulangan Susut Pelat.....	169
Tabel 4. 19 Tabel Cross.....	174
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes	188
Tabel 4. 21 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	227
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Induk Memanjang	232
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Induk Memanjang.....	233

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Induk Memanjang	233
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Induk Melintang.....	234
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Induk Melintang.....	235
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Induk Melintang.....	235
Tabel 4. 28 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	270
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Anak Memanjang	275
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Anak Memanjang.....	276
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Anak Memanjang	276
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Anak Melintang.....	277
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Anak Melintang	278
Tabel 4. 34 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Anak Melintang.....	278
Tabel 4. 35 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	314
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Bordes.....	319
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Bordes	319
Tabel 4. 38 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Bordes	319

Tabel 4. 39 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	356
Tabel 4. 40 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Lift.....	360
Tabel 4. 41 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Lift	360
Tabel 4. 42 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Lift....	360
Tabel 4. 43 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir	397
Tabel 4. 44 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Sloof	402
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Sloof	402
Tabel 4. 46 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Sloof ..	402
Tabel 4. 47 Perhitungan Bestat Tulangan Balok BS Lantai 1 As 1 A-B.....	442
Tabel 4. 48 Perhitungan Bestat Tulangan Kolom K1 Lantai 1 As 1A.....	445
Tabel 4. 49 Hasil Perhitungan Bestat Portal Memanjang.....	447
Tabel 4. 50 Perhitungan Bestat tulangan Balok BS Lantai 1 As B (1-2)	449
Tabel 4. 51 Perhitungan Bestat tulangan kolom K1 Lantai 1 As B1	452
Tabel 4. 52 Hasil Perhitungan Bestat Portal Melintang	454

DAFTAR NOTASI

A_g	= Luas bruto penampang (mm^2)
A_j	= Luas penampang efektif pada joint di bidang yang paralel terhadap bidang tulangan yang menimbulkan geser dalam joint (mm^2)
A_s	= Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)
A_s'	= Luas tulangan tekan non prategang (mm^2)
$A_{v_{min}}$	= Luas minimum tulangan geser dalam spasi s (mm^2)
b	= Lebar daerah tekan komponen struktur (mm^2)
b_w	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C_s	= Koefisien respons gempa
C_s'	= Gaya tekan pada beton
c_t	= Jarak dari muka interior kolom ke tepi pelat yang diukur parallel terhadap c_1 , tetapi tidak melebihi c_1 (mm)
c_1	= Dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen, kapital (<i>capital</i>), atau brakit (<i>bracket</i>) yang diukur dalam arah bentang dimana momen ditentukan (mm)
D	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
db	= Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
E	= Pengaruh beban gempa
E_c	= Modulus elastisitas beton (MPa)
EI	= Kekakuan lentur komponen struktur tekan
f_c'	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
f_{pc}	= Tegangan tekan beton (setelah semua kehilangan prategang terjadi) dititik berat penampang yang menahan beban terapan luar atau dipetemuan badan

(web) dan sayap (flange) bila pusat terletak pada sayap (flange), MPa . (Dalam komponen struktur komposit) , f_{pc} adalah tegangan tekan resultan dipusat penampang komposit, atau di pertemuan badan (web) dan sayap (flange) bila pusat terletak dalam sayap (flange), akibat baik prategang maupun momen yang ditahan oleh komponen struktur pracetak yang ditahan sendirian.

- f_y = Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
- f_{yt} = Kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan (MPa)
- h = Tinggi total dari penampang
- I_g = Momen inersia penampang beton bruto terhadap sumbu pusat , yang mengabaikan tulangan (mm^4)
- K = Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
- l_n = Bentang bersih balok
- l_0 = Panjang, yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan transversal khusus harus disediakan (mm)
- M_c = Momen terfaktor yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur komponen struktur yang digunakan untuk desain komponen struktur tekan N-mm
- M_n = Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
- M_{nb} = Kekuatan lentur nominal balok termasuk pelat bilamana tertarik, yang merangka ke dalam joint N-mm
- M_{nc} = Kekuatan lentur nominal kolom yang merangka kedalam joint, yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur terendah N-mm
- M_{nx} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x

- Mny = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
- Mox = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan yang nol
- Moy = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y untuk aksial tekan yang nol
- M1 = Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
- M2 = Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada Komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
- M1ns = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
- M2ns = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
- M1s = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)

- M_{2s} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
- M_{slab} = Bagian momen terfaktor slab yang diseimbangkan oleh momen tumpuan (Nmm)
- P_c = Beban kritis (N)
- P_{cp} = keliling luar penampang beton (mm)
- P_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- S = Spasi tulangan geser atau torsi ke arah yang diberikan (N)
- S_1 = Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, redaman 5 persen
- s_0 = Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang l_0 (mm)
- S_n = Kekuatan lentur, geser, atau aksial nominal sambungan
- T_a = Periode fundamental pendekatan
- T_s = $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
- V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
- V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
- V_n = Kekuatan geser nominal (MPa)
- γ_f = Faktor yang digunakan untuk menentukan momen tak seimbang yang disalurkan oleh lentur pada sambungan slab-kolom
- α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok

- β = Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
 Ω_0 = Faktor kuat lebih
 \emptyset = Faktor reduksi kekuatan
 δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
 δ_s = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi
 ρ = Rasio As terhadap bd
 λ = Faktor modifikasi yang merefleksikan properti mekanis tereduksi dari beton ringan, semuanya relatif terhadap beton normal dengan kuat tekan yang sama
 Ψ_e = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada pelapis tulangan
 Ψ_s = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada ukuran tulangan
 Ψ_t = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada lokasi tulangan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan struktur merupakan suatu proses desain berdasarkan peraturan-peraturan yang berlaku. Perencanaan struktur dilakukan untuk menghasilkan suatu gedung yang kuat, aman, ekonomis dan sesuai standart yang berlaku. Secara umum, struktur bangunan gedung terdiri dari dua bagian yaitu struktur bagian atas berupa plat lantai, balok dan kolom serta struktur bagian bawah berupa pondasi dan sloof. Struktur gedung dirancang untuk memberikan jaminan keselamatan penghuni gedung, maka dari itu gedung yang direncanakan harus memenuhi standart. Salah satu standart yang digunakan untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa adalah SNI-1726-2012.

Ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa berdasarkan SNI-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, salah satu sistem struktur yang dapat diterapkan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem Rangka Pemikul Momen dibagi menjadi tiga jenis yaitu, Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) untuk Kategori Desain Seismik A dan B, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) untuk Kategori Desain Seismik A, B dan C dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk Kategori Desain Seismik A, B, C, D, E, dan F.

Perencanaan Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan modifikasi atap rangka baja menjadi atap pelat beton pada tugas akhir ini menggunakan metode SRPMM karena berdasarkan hasil Standart Penetrasi Tes (SPT) termasuk dalam kelas situs sedang (SD) dan sesuai

dengan peraturan perencanaan beban gempa, gedung yang berlokasi di jalan MT. Haryono No.167 Lowokwaru, Malang ini termasuk dalam kategori resiko IV karena merupakan gedung fasilitas yang penting (fasilitas pendidikan). Digunakan peta Hazzard Indonesia periode 500 tahun dalam menentukan system struktur yang digunakan karena data tanah termasuk dalam kategori situs tanah sedang. Berdasarkan Peta Hazzard Indonesia (Kementerian Pekerjaan Umum) 2010 dengan probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun gedung ini termasuk dalam Kategori Desain Seismik C. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah adalah suatu sistem rangka ruang yang menitik beratkan kewaspadaan terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser, dengan komponen-komponen yang dapat menahan gaya lentur, gaya geser, dan aksial sesuai dengan SNI-2847-2013.

Pemodelan perencanaan struktur akan digunakan aplikasi SAP2000. Perencanaan gempa dihitung dengan analisa respon spektrum. Perencanaan struktur beton bertulang gedung Fakultas Teknik di Malang ini menggunakan metode SRPMM karena sesuai dengan kondisi yang termasuk dalam Kategori Desain Seismik C.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana menentukan sistem struktur yang digunakan untuk perhitungan dan perencanaan gedung?
2. Bagaimana menghasilkan perhitungan dan perencanaan struktur gedung dengan metode SRPMM yang memenuhi persyaratan dalam peraturan yang telah ditetapkan?
3. Bagaimana menghasilkan gambar detail teknik yang sesuai dengan hasil perhitungan?

4. Bagaimana menghasilkan perhitungan volume tulangan pada salah satu portal stuktur utama gedung?
5. Bagaimana merencanakan metode pelaksanaan pada salah satu elemen struktur utama gedung?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Perencanaan, perhitungan, pemodelan dan analisa struktur bangunan dengan metode SRPMM.
2. Perencanaan beban gempa dilakukan dengan metode analisis statik ekuivalen.
3. Perhitungan rangka utama struktur tidak meninjau portal secara keseluruhan melainkan dua portal, yaitu salah satu portal memanjang dan melintang.
4. Perencanaan struktur bangunan tidak meliputi perencanaan pondasi
5. Perhitungan volume tulangan (bestat) pada salah satu portal memanjang dan melintang stuktur utama.
6. Metode Pelaksanaan pada elemen struktur utama hanya berupa tahapan pelaksanaan pekerjaan pada salah satu elemen struktur utama (Kolom).
7. Perencanaan hanya membahas struktur dan tidak meninjau analisa biaya dan manajemen konstruksi maupun arsitektural.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Dapat menentukan sistem struktur yang digunakan untuk perhitungan dan perencanaan gedung.
2. Dapat menghasilkan perhitungan dan perencanaan struktur gedung dengan metode SRPMM yang memenuhi persyaratan dalam peraturan yang telah ditetapkan.

3. Dapat menghasilkan gambar detail teknik yang sesuai dengan hasil perhitungan.
4. Dapat menghasilkan perhitungan volume tulangan pada salah satu portal struktur utama gedung.
5. Dapat merencanakan metode pelaksanaan pada salah satu elemen struktur utama gedung.

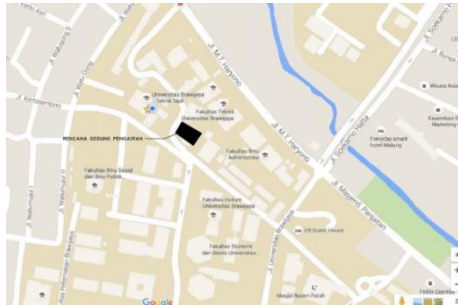
1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan akan didapat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Penulis dapat memahami tata cara perhitungan struktur dengan metode SRPMM.
2. Penulis dapat memahami perencanaan struktur gedung tahan gempa sesuai dengan peraturan SNI 1726-2012.
3. Penulis dapat memahami penggambaran teknik yang sesuai dengan perhitungan.
4. Penulis dapat memahami menerapkan ilmu yang berkaitan dengan teori dan perencanaan struktur yang diperoleh selama kuliah dengan data yang ada di lapangan.
5. Penulis dapat memenuhi syarat kelulusan diploma.
6. Pembaca mampu mendapat bahan bacaan berupa laporan perhitungan struktur, gambar struktur dan spesifikasi teknis salah satu pekerjaan yang sesuai dengan perhitungan dan gambar pada modifikasi dan perencanaan Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan metode SRPMM.
7. pembaca, mendapat informasi dalam tata cara perencanaan struktur beton bertulang dengan berdasarkan aturan-aturan dan pedoman yang berlaku.

1.6 Lokasi Studi

Lokasi Gedung Fakultas Teknik berlokasi di Jalan MT. Haryono No.167 Lowokwaru, Malang, seperti pada peta *Google Maps* berikut:



Gambar 1. 1 Lokasi Gedung
(*Google Maps*)

Data Gedung Kuliah Fakultas Teknik adalah sebagai berikut:

1. Data Bangunan

Lokasi	: Malang
Fungsi Bangunan	: Gedung Kuliah
Luas Bangunan	: 3200 cm X 1600 cm
Jumlah Lantai	: 6 Lantai
Konstruksi Bangunan	: Beton Bertulang
Konstruksi Atap	: Pelat Beton Bertulang
2. Data Tanah

Data tanah yang digunakan adalah data tanah dari laboratorium yang diperoleh dari pengujian tanah di kota Malang yaitu berupa hasil tes SPT (*Standard Penetration Test*) seperti yang terlampir.
3. Data Gambar

Data Gambar meliputi gambar denah, gambar tampak, dan gambar potongan, yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi elemen struktur.

4. Data Bahan

Mutu bahan yang digunakan pada perencanaan adalah:

Mutu beton (f_c'): 30 Mpa

Mutu baja (f_y) : 400 Mpa (untuk tulangan utama)

Mutu baja (f_{ys}) : 240 Mpa (untuk tulangan sengkang)

BAB II

LANDASAN TEORI

Tinjauan pustaka berikut akan dijelaskan mengenai teori yang digunakan dalam perencanaan struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Dalam perhitungan struktur bangunan perlu memperhatikan aturan-aturan agar bangunan ini dapat sesuai dengan kriteria peraturan yang berlaku. Peraturan terkait yang digunakan dalam perhitungan struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik adalah:

1. SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
2. SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.
3. SNI 03-1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur.
4. Desain Beton Bertulang oleh CHU-KIA WANG G. SALMON

Dalam merencanakan bangunan struktur, ada beberapa hal yang harus diperhatikan selain material dan fungsi bangunan. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan:

2.1 Perubahan Desain

Perubahan bentuk asli bangunan dilakukan untuk menghargai desain yang telah direncanakan dan untuk menghindari penjiplakan. Perubahan yang dilakukan pada tugas akhir Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang ini ialah sebagai berikut:

- a. Modifikasi atap rangka baja menjadi atap pelat beton.
- b. Pada denah asli direncanakan ruang basement namun pada perencanaan tugas akhir ini tidak terdapat ruang basement.
- c. Dimensi struktur, mutu beton, maupun mutu tulangan baja dirubah, sesuai perhitungan yang dilakukan.

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

SRPM adalah singkatan dari Sistem Rangka Pemikul Momen, atau Moment Resisting Frame. Istilah ini digunakan pada peraturan-peraturan SNI yang membahas tata cara perencanaan bangunan gedung, misalnya SNI Beton, SNI Baja, dan SNI Gempa. SRPM merupakan salah satu "pilihan" sewaktu merencanakan sebuah bangunan tahan gempa. Ciri-ciri SRPM antara lain adalah sebagai berikut:

1. Beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Peranan balok, kolom, dan sambungan balok kolom dalam hal ini menjadi sangat penting.
2. Tidak menggunakan dinding geser, adapun dinding yang tidak didesain untuk menahan beban lateral.
3. Tidak menggunakan bresing (bracing). Untuk struktur baja, penggunaan bresing kadang sangat diperlukan terutama pada arah sumbu lemah kolom. Dalam hal ini bangunan tersebut dapat dianalisis sebagai SRPM pada arah sumbu kuat kolom, dan sistem bresing pada arah lainnya.

Berdasarkan SNI 1726-2012 Sistem Rangka Pemikul Momen adalah adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. SRPM Biasa, disingkat SRPMB (Ordinary Moment Resisting Frame, OMRF) untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan Kategori Desain Seismik (KDS) A dan B.
2. SRPM Menengah, disingkat SRPMM (Intermediate Moment Resisting Frame, IMRF) untuk daerah yang

berada di wilayah gempa dengan Kategori Desain Seismik (KDS) A, B, dan C.

SRPM Khusus, disingkat SRPMK (Special Moment Resisting Frame, SMRF) untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan Kategori Desain Seismik (KDS) A, B, C, D, E, dan F.

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

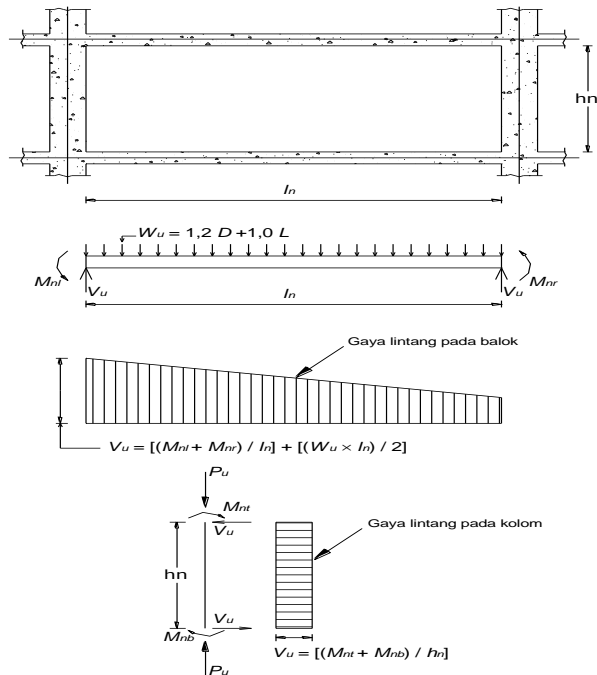
Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah adalah salah satu sistem struktur gedung yang dirancang untuk memikul gaya-gaya yang terjadi akibat gempa untuk bangunan dengan KDS C. Dan harus memenuhi persyaratan dalam SNI 03-1726-2012 (gempa) dan SNI 03-2847-2013 Pasal 23.10 tentang SRPMM (Beton). Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan sistem rangka pemikul momen menengah menurut SNI-03-2847-2013 :

1. Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi ($A_g f_c' / 10$).
2. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi ($A_g f_c' / 10$), maka pasal 23.10(5) harus dipenuhi. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi pasal 23.10(6).
3. Kuat geser rencana balok, kolom dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:
 1. Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor., atau
 2. Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh

beban gempa, E , dimana nilai E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.

Prinsip Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah,
yaitu

4. Keruntuhan geser tidak boleh terjadi sebelum keruntuhan lentur
 - a) Keruntuhan geser bersifat mendadak (tidak memberi kesempatan pd penghuni utk menyelamatkan diri) => harus dihindari
 - b) Penulangan geser pada balok dan kolom dihitung berdasar kapasitas tulangan lentur terpasang (bukan dari hasil analisis struktur)
 - c) Balok dipaksa runtuh akibat lentur terlebih dahulu dengan membuat kuat geser melebihi kuat lentur
5. Strong column weak beam (Kolom kuat balok lemah)
 - Kerusakan dipaksakan terjadi pada balok
 - Hubungan Balok Kolom harus didesain sesuai persyaratan gempa



Gambar 2. 1 Gaya lintang rencana untuk SRPMM
(SNI 2847-2013 Gambar 47)

2.4 Pembebanan

Perencanaan struktur harus dapat menyalurkan beban-bebannya menuju kepondasi dengan baik tanpa keruntuhan, untuk beban-beban yang bekerja pada sebuah bangunan antara lain yaitu beban mati beban hidup, beban angin dan beban gempa seperti yang dijelaskan pada SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Stuktur Lain. Untuk metod perencanaan yang digunakan adalah metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Dalam perencanaan bangunan ada beberapa jenis beban yang harus ditinjau yaitu:

1. Beban Mati

Berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang dan komponen arsitektural dan struktural lainnya. Sesuai *SNI 1727-2013 psl 3.1.1*.

a. Beban mati pada pelat atap, terdiri dari:

- Berat sendiri pelat
- Beban plafond dan rangka penggantung
- Beban waterproof
- Beban instalasi listrik

b. Beban mati pada pelat lantai, terdiri dari:

- Berat sendiri pelat
- Beban pasangan keramik
- Beban spesi
- Beban plafond dan rangka
- Beban instalasi listrik

c. Beban mati pada balok, terdiri dari:

- Berat sendiri balok
- Beban mati pada plat
- Berat dinding bata ringan

2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Sesuai *SNI 1727-2013 psl 4.1-6*. Beban pada atap yang diakibatkan oleh pelaksanaan pemeliharaan, peralatan, dan meterial dan selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian. Sesuai *SNI 1727-2013 psl 4.1-7*.

- Beban hidup atap gedung kuliah = 96 kg/m^2
- Beban hidup ruang kuliah = 192 kg/m^2

- Beban hidup koridor diatas lantai pertama = 383 kg/m^2
- Beban hidup koridor lantai pertama = 479 kg/m^2
- Beban hidup di tangga terdiri dari beban tangga dan bordes, beban pegangan (terpusat), dan beban susuran tangga

3. Beban Gempa

a. Gempa Rencana

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat besarannya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 10 persen (5000 tahun) kondisi ini disesuaikan berdasarkan batasan masalah yang menyebutkan bahwa metode perhitungan yang digunakan adalah metode SRPMM dengan kondisi desain seismik C. Perhitungan nbeban gempa selanjutnya disesuaikan dengan peraturan yang telah ditetapkan. *Sesuai SNI 1726-2012.*

b. Perhitungan Gempa

1. Faktor Keutamaan (I)

Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang ini direncanakan sebagai gedung dengan fasilitas umum sehingga berdasarkan tabel 2.1 berikut, sesuai *SNI 03-1726-2012* termasuk kategori resiko IV dan berdasarkan tabel 2.2 didapatkan factor keutamaan (I_e)=1,5

Tabel 2. 1 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa*, dan Es

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit listrik dan fasilitas listrik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	<p>IV</p>

Sumber: SNI 1726-2012, Tabel 1

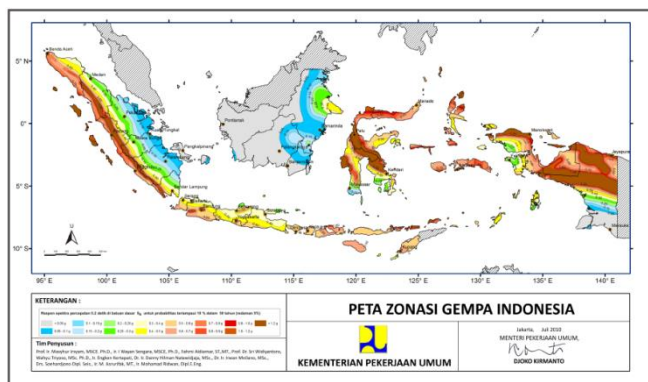
Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

Sumber: SNI 1726-2012, Tabel 2

2. Parameter percepatan tanah (S_s , S_1)

Parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_s (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan di permukaan dari gempa *Risk-Targeted Maximum Consider Earthquake* dengan probabilitas keruntuhan bangunan 10 persen dalam 50 tahun (MCER, 10 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Sesuai grafik Spektral Percepatan yang dapat diketahui melalui peta Hazzard Indonesia (Kementerian Pekerjaan Umum) 2010.



Gambar 2. 2 Peta Respon Spektra (S_s) probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun

Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuankeras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

Sumber: SNI 1726-2012, Tabel 3

4. Faktor Koefisien Situs dan parameter respon
(F_a, F_v, S_{ms} Sd1) sesuai *SNI 1726-2012*.

$$S_{ms} = F_a \cdot S_s \quad 2.4(2)$$

$$S_{m1} = F_v \cdot S_1 \quad 2.4(3)$$

Dimana nilai F_a dan F_v ditentukan berdasarkan pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 dibawah ini

Tabel 2. 4 Koefisien situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s=0,5$	$S_s=0,75$	$S_s=1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	S_s^b				

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

Sumber: *SNI 1726-2012, Tabel 4*

Tabel 2. 5 Koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,25$	$S_1=0,5$	$S_1=0,75$	$S_1=1,0$	$S_1 \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	S_s^b				

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

Sumber: *SNI 1726-2012, Tabel 5*

5. Parameter Percepatan Desain ($Sd1$, Sds) sesuai *SNI 1726-2012 Pasal 6.3.*

$$Sds = \frac{2}{3} Sms \quad 2.4(4)$$

$$Sd1 = \frac{2}{3} Sm1 \quad 2.4(5)$$

6. Kategori Desain Seismik (KDS)

Kategori desain seismic berdasarkan tabel 2.6 sesuai *SNI 1726-2012 pasal 6.5* dibawah ini, digunakan untuk menentukan jenis rangka pemikul momen yang digunakan.

Tabel 2. 6 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai Sds	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$Sds < 0,167$	A	A
$0,167 \leq Sds < 0,33$	B	C
$0,33 \leq Sds < 0,50$	C	D
$0,50 \leq Sds$	D	D

Sumber: *SNI 1726-2012, Tabel 6*

7. Statik Ekuivalen

Perhitungan static ekuivalen digunakan untuk bangunan gedung yang beraturan terhadap pembebanan gempa nominal. Berikut langkah perhitungan beban gempa dengan metode analitis static ekuivalen.

- Menentukan berat perlantai (W)
- Koefisien Modifikasi Respon (R) sesuai *SNI 1726:2012* dijelaskan lebih lanjut pada poin 8
- Gaya geser seismic (V)

$$V = C_s \times W \quad 2.4(7)$$

- Gaya perlantai (F)

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_x^k} \times V \quad 2.4(8)$$

- Menentukan besar perioda fundamental struktur (T) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726:2012 pada pasal 7.8.2

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad 2.4(9)$$

Dimana :

h_n = Tinggi bangunan (m)

C_t = 0,0466

X = 0,9

- Hitung koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u)

Tabel 2. 7 Koefisien untuk Batasan Atas pada Perioda yang Dihitung (C_u)

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 Detik, SDI	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 1726-2012 Tabel 14

- Cek nilai (T_c) periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur
 Perioda fundamental struktur yang digunakan
 Jika $T_c > C_u \cdot T_a$ $\rightarrow T = C_u \cdot T_a$
 Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$ $\rightarrow T = T_c$
 Jika $T_c < T_a$ $\rightarrow T = T_a$

11. Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) beton bertulang, sehingga berdasarkan Tabel 2.8 sesuai *SNI 1726-2012* dibawah ini didapatkan nilai faktor reduksi gempa $R=5$, $C_d=4,5$, $\Omega_0 = 3$

Tabel 2. 8 Faktor Reduksi Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R_a	Faktor Kuat lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^e
C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
3. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI

TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diijinkan

Sumber: *SNI 1726-2012, Tabel 9*

12. Menghitung koefisien respons seismic

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R \overline{I}_e} \quad 2.4(10)$$

13. Menentukan T_0 dan T_s

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad 2.4(11)$$

14. Membuat respons spektrum gempa sesuai SNI 1726:2012 pasal 6.4.1.

- Untuk perioda lebih kecil T_0 , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad 2.4(12)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain SNI 1726:2012 pasal 6.4.2:

$$\begin{aligned} S_a \\ = S_{DS} \end{aligned} \quad 2.4(13)$$

- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain:

$$\begin{aligned} S_a \\ = \frac{S_{D1}}{T} \end{aligned} \quad 2.4(14)$$

15. Menghitung gaya geser dasar seismik (V) sesuai SNI 1726-2012.

$$V = C_s \times W \quad 2.4(15)$$

16. Menghitung gaya geser dasar seismik per lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vx} \times V \quad 2.4(16)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k} \quad 2.4(17)$$

4. Beban Angin

a. Beban Angin Rencana

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut Pasal 26 sampai Pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini. *Sesuai SNI 1727-2013 psl 26.1.1*

b. Perhitungan Beban Angin

1. Menentukan Kategori risiko bangunan seperti pada Tabel 2.1
2. Kecepatan angin dasar (V)
Kecepatan angin dasar dan arah angin didapatkan dari BMKG Jawa Timur (<http://meteo.bmkg.go.id>)
3. Parameter beban angin
 - Faktor arah angin (K_d)
Faktor arah angin, K_d , harus ditentukan dari tabel di bawah ini.

Tabel 2. 9 Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber: SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1

*Faktor arah K_d telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2.

Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4

- Kategori eksposur
 - **Eksposur B:** Untuk bangunan gedung dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30ft (9,1m), Eksposur B berlaku bila mana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran

Permukaan B, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1.500ft (457m). Untuk bangunan dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30ft (9,1m), Eksposur B berlaku bila mana Kekasaran Permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

- **Eksposur C:** Eksposur C berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau D tidak berlaku.
- **Eksposur D:** Eksposur D berlaku bila mana kekasaran permukaan tanah, sebagai mana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan D, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5.000ft (1.524m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku bila mana kekasaran permukaan tanah segera lawan angin dari situs B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600ft (183m) atau 20 kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya. Untuk situs yang terletak di zona transisi antara katagori exposure, harus menggunakan hasil katagori di gaya angin terbesar.
- **Pengecualian:** Eksposur menengah antara kategori sebelumnya diperbolehkan di zona transisi asalkan itu ditentukan oleh metode analisis rasional yang dijelaskan dalam literatur dikenal.

- Faktor topografi (K_{zt})

Efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor K_{zt} :

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \quad 2.4(18)$$

di mana K_1 , K_2 , dan K_3 diberikan dalam tabel di bawah ini. Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan, $K_{zt} = 1,0$.

Tabel 2. 10 Faktor Topografi (Kzt)

Parameter untuk peningkatan kecepatan di atas bukit dan tebing						
Bentuk bukit	$K1/(H/Lh)$			γ	μ	
	Eksposur				Sisi angin datang dari puncak	Sisi angin pergi dari puncak
	B	C	D			
Bukit memanjang 2-dimensi (atau lembah dengan negatif H dalam $K1/(H/Lh)$)	1,3 0	1,5	1,5 5	3	1,5	1,5
Tebing 2-dimensi	0,7 5	0,8 5	0,9 5	2,5	1,5	4
Bukit simetris 3-dimensi	0,9 5	1,0 5	1,1 5	4	1,5	1,5

Sumber: SNI 1727-2013 Pasal 26.8.2

- Faktor efek tiupan angin (G)
 - Faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.
 - Untuk menentukan apakah suatu bangunan gedung atau struktur lain adalah kaku atau fleksibel, frekuensi alami fundamental, n_1 , harus ditetapkan menggunakan sifat struktural dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang dibuktikan secara benar. Bangunan bertingkat rendah diizinkan untuk dianggap kaku.
- Klasifikasi ketertutupan

Untuk menentukan koefisien tekanan internal, semua bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup, tertutup sebagian, atau terbuka. Jika sebuah bangunan memenuhi definisi bangunan "terbuka" dan "tertutup sebagian", harus diklasifikasikan sebagai bangunan "terbuka". Suatu bangunan yang tidak memenuhi definisi bangunan "terbuka" atau "tertutup sebagian" harus diklasifikasikan sebagai bangunan "tertutup".
- Koefisien tekanan internal (GC_{pi})

Koefisien tekanan Internal, (GC_{pi}), harus ditentukan dari Tabel di bawah ini berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan bangunan gedung.

Tabel 2. 11 Koefisien tekanan internal (GC_{pi})

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Sumber: SNI 1727-2013 Tabel 26.11-1

Catatan:

1. Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal
2. Nilai ($GCpi$) harus digunakan dengan q_z atau q_h seperti yang ditetapkan
3. Dua kasus harus dipertimbangkan untuk menentukan persyaratan beban kritis untuk kondisi yang sesuai:
 - (i) Nilai positif dari ($GCpi$) diterapkan untuk seluruh permukaan internal
 - (ii) Nilai negatif dari ($GCpi$) diterapkan untuk seluruh permukaan internal
4. Koefisien eksposur tekanan velositas (K_z atau K_h)
 Berdasarkan kategori eksposur yang telah ditentukan, koefisien eksposur tekanan velositas K_z atau K_h , sebagaimana yang berlaku, harus ditentukan dari tabel di bawah ini. Untuk situs yang terletak di zona transisi antara kategori eksposur yang dekat terhadap perubahan kekasaran permukaan tanah, diizinkan untuk menggunakan nilai menengah dari K_z atau K_h , asalkan ditentukan dengan metode analisis rasional yang tercantum dalam literatur yang dikenal.

Tabel 2. 12 Konstanta Eksposur Daratan

Eksposur	α	Z_0 (ft)	Dalam metrik								
			\hat{a}	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ (ft)	\bar{z}	Z_{min} (m)*	
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14	
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57	
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13	

* Z_{min} = tinggi minimum yang dapat menjamin tinggi ekuivalen \bar{z} yang lebih besar dari 0,6h atau Z_{min} .

Untuk bangunan gedung dengan $h \leq Z_{min}$, \bar{z} harus diambil sebesar Z_{min} .

Sumber: SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1

Tabel 2. 13 Koefisien eksposur tekanan velositas (Kh dan Kz)

Tinggi di atas level tanah, z		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Catatan:

- Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut:
 Untuk $15 \text{ ft} \leq z \leq z_g$ Untuk $z < 15 \text{ ft}$
 $K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha}$ $K_z = 2,01(15/z_g)^{2/\alpha}$
- α dan z_g ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.
- Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.
- Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

Sumber: SNI 1727-2013 Tabel 27.3-1

5. Tekanan velositas (q atau q_h)

Tekanan velositas, q_z , dievaluasi pada ketinggian harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_z = 0,00256 K_z K_{zt} K_d V_2 \left(\frac{lb}{ft^2} \right) \quad 2.4(18)$$

[SI: $q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V_2 (N/m^2)$; V dalam m/s]

di mana:

K_d = faktor arah angin

K_z = koefisien eksposur tekanan velositas

K_{zt} = faktor topografi tertentu

V = kecepatan angin dasar

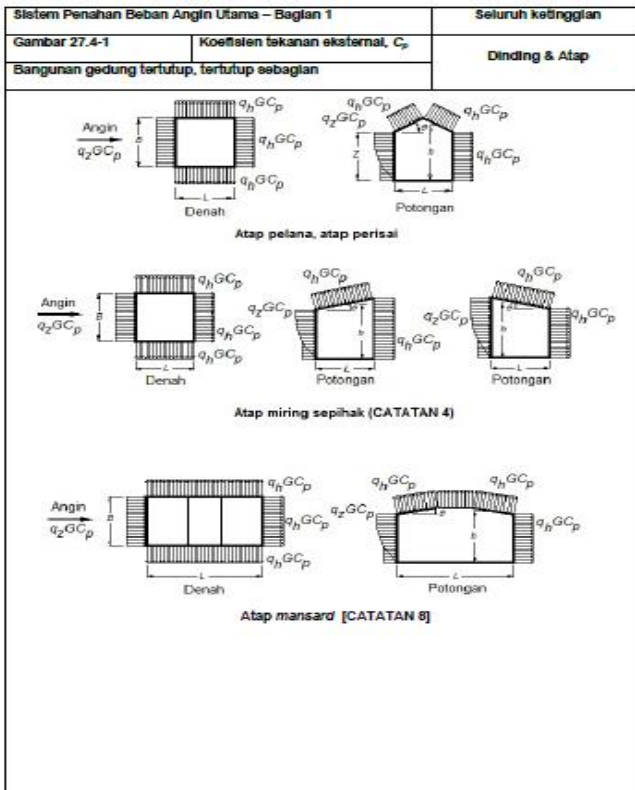
q_z = tekanan velositas dihitung pada ketinggian z

q_h = tekanan velositas dihitung pada ketinggian atap rata-rata h .

Koefisien numerik 0,00256 (0,613 dalam SI) harus digunakan kecuali bila ada data iklim yang tersedia cukup untuk membenarkan pemilihan nilai yang berbeda dari koefisien ini untuk aplikasi desain.

Sumber: SNI 1727-2013 Pasal 27.3.2

6. Koefisien tekanan eksternal (C_p atau C_N)



Gambar 2. 4 Koefisien Tekanan Eksternal (C_p)

(SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1)

Sistem Penahan Beban Angin Utama – Bagian 1			
Gambar 27.4-1 (Lanjutan)	Koefisien tekanan eksternal, C_p		Dinding dan Atap
Bangunan gedung tertutup, tertutup sebagian			
Koefisien tekanan dinding, C_p			
	Permukaan	L/B	C
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0	0,8
		0 – 1	-0,5
Dinding di sisi angin pergi	Seluruh nilai	2	-0,3
		> 4	-0,2
		> 4	-0,2
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7	q_s

Koefisien tekanan atap, C_p , untuk digunakan dengan q_s												
Arah angin	Di sisi angin datang							Di sisi angin pergi				
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	≥ 60 ^o	10	15	≥ 20
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 10^\circ$	≤ 0,25	-0,7 -0,18	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,3	-0,2 0,3	0,0*	0,4	0,01 θ	-0,3	-0,5	-0,8
	0,5	-0,9 -0,18	-0,7 -0,18	-0,4 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,2	-0,2 0,3	0,0	0,4	0,01 θ	-0,5	-0,5
	≥ 1,0	-1,3** -0,18	-1,0 -0,18	-0,7 -0,18	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,4	0,0	0,01 θ	-0,7	-0,8	-0,8
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta < 10^\circ$ sejajar dengan semua θ	≤ 0,5	Jarak horizontal dari tepi sisi angin datang				C_p		* Nilai disediakan untuk keperluan interpolasi.				
		0 sampai dengan h/2	-0,9, -0,18				** Nilai dapat direduksi secara linier dengan luas yang sesuai berikut ini.					
		h/2 sampai dengan h	-0,9, -0,18									
		h sampai dengan 2h	-0,5, -0,18									
		> 2h	-0,3, -0,18									
	≥ 1,0	0 sampai dengan h/2				-1,3**, -0,18		Faktor reduksi				
						≤ 100 (9,3 m ²)		1,0				
						250 (23,2 m ²)		0,9				
		> h/2				-0,7, -0,18		≥ 1000 (92,9 m ²)		0,8		

Catatan:

- Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi permukaan.
- Diperkenankan interpolasi linier untuk nilai L/B, h/L dan θ selain dari yang diperlihatkan. Interpolasi hanya boleh dilakukan di antara nilai-nilai dengan tanda yang sama. Apabila nilai tidak memiliki tanda yang sama, asumsikan 0,0 untuk interpolasi.
- Apabila tercantum dua nilai C_p , ini menunjukkan bahwa kamirngan atap di sisi angin datang mengalami salah satu tekanan angin positif atau negatif dan struktur atap harus didesain untuk kedua kondisi tersebut. Interpolasi untuk nilai h/L di dalam hal ini hanya boleh dilakukan di antara nilai-nilai C_p dari tanda yang sama.
- Untuk atap miring sepihak, seluruh permukaan atap merupakan permukaan di sisi angin datang atau di sisi angin pergi.
- Untuk bangunan gedung flat-roof, gunakan Gwyng sesuai seperti ditentukan oleh Pasal 26.9.4.
- Rujuk ke Gambar 27.4-2 untuk atap kubah dan Gambar 27.4-3 untuk atap lengkung.
- Nota:
 - Dimensi horizontal bangunan gedung, dalam feet (meter), diukur tegak lurus terhadap arah angin.
 - Dimensi horizontal bangunan gedung, dalam feet (meter), diukur sejajar terhadap arah angin.
 - Tinggi atap rata-rata dalam feet (meter), kecuali untuk sudut atap $\theta \leq 10$ derajat digunakan tinggi bagian terbawah atap.
 - Tinggi di atas permukaan tanah, dalam feet (meter).
 - Faktor efek bucan angin.
 - Teleson velocity, dalam pounds per ft² (N/m²), dievaluasi pada tinggi yang bersangkutan.
 - Sudut bidang atap terhadap horizontal, dalam derajat.
 - Untuk atap mansard, permukaan horizontal dan permukaan miring di sisi angin pergi harus diberlakukan sebagai permukaan di sisi angin pergi dari belak.
 - Kecuali untuk SPBAU pada atap yang terdiri dari rangka penahan momen, torsi gaya geser horizontal tidak boleh kurang dari yang ditentukan dengan mengabaikan beban angin pada permukaan atap.
 - Untuk kamirngan atap lebih besar dari 80° gunakan $C_p = 0,8$

Gambar 2. 5 Koefisien Tekanan Eksternal (C_p) (Lanjutan)

(SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1)

7. Tekanan angin (p)

Tekanan angin desain untuk SPBAU bangunan gedung fleksibel harus ditentukan persamaan berikut:

$$p = qG C_p - q_i (G C_{pi}) (lb/ft^2) (N/m^2) \quad 2.4(19)$$

di mana :

$q = q_z$ untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah

$q = q_h$ untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h

$q_i = q_h$ untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = q_z$ untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif, q_i secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian h ($q_i = q_h$)

G = faktor efek-tiupan angin

C_p = koefisien tekanan eksternal

$(G C_{pi})$ = koefisien tekanan internal

q dan q_i harus dihitung dengan menggunakan eksposur. Tekanan harus diterapkan secara bersamaan pada dinding di sisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam Gambar 2.4

2.5 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 4.2.4 bahwa struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

Keterangan:

D =Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap

L =Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

L_r =Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

R = Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air

W = Beban angin

E = Beban gempa

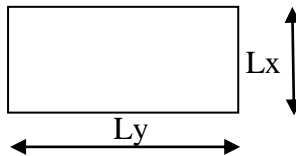
2.6 Perencanaan Pelat

Pelat merupakan elemen struktur menerima beban mati dan beban hidup secara langsung. Pelat dibedakan

menjadi 2, yaitu pelat satu arah dan dua arah. Ada dua hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan pelat, merencanakan tebal pelat dan merencanakan penulangan pelat.

2.6.1 Perencanaan tebal pelat

- Pelat satu arah



Gambar 2. 6 Dimensi Bidang Pelat

- Suatu pelat dinamakan pelat satu arah apabila $l_y/l_x > 2$;
Dimana L_x = bentang pendek dan L_y = bentang panjang.
- Pelat satu arah disebut konstruksi satu arah non-prategang diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 9.5.2
- Penentuan tebal minimum untuk pelat satu arah apabila lendutan tidak dihitung, telah diatur pada SNI 2847-2013 tabel 9.5(a)

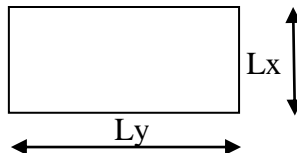
Bila lendutan harus dihitung maka lendutan yang terjadi seketika sesudah bekerjanya beban harus dihitung dengan metoda atau formula standar untuk lendutan elastis, dengan memperhitungkan pengaruh retak dan tulangan terhadap kekakuan komponen struktur. Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2

Tabel 2. 14 Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
<p>CATATAN: Panjang bentang dalam mm Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan- tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus di modifikasi sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), W_c diantara 1440 sampai 1840 kg/m³. Nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,003 W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$</p>				

Sumber: SNI 2847-2013, Tabel 9.5(a)

- o Pelat dua arah



Gambar 2. 7 Dimensi Bidang Pelat

- Suatu pelat dinamakan pelat satu arah apabila $l_y/l_x < 2$;Dimana L_x = bentang pendek dan L_y = bentang panjang.
- Pelat satu arah disebut konstruksi satu arah non-prategang diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 9.5.3
- Tebal minimum tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan semua sisinya harus memenuhi ketentuan pada pasal 9.5(c) tetapi tidak boleh kurang dari:
 - a. Tanpa panel drop yaitu 125 mm (SNI 2847-2013 pasal 13.2.5)
 - b. Dengan panel drop yaitu 100 mm (SNI 2847-2013 pasal 13.2.5)

Tabel 2. 15 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh, f_y MPa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksteror		Panel inerior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir r	Dengan balok pinggir	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

Untuk konstruksi dua arah ln adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain. Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam table, tebal minimum harus di tentukan dengan interpolasi linier.

*Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5

*Pelat dengan balok diantara kolom- kolmnnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai af untuk balok tepi boleh kurang daro 0,8

Sumber: SNI 2847-2013, Tabel 9.5(c)

- Tebal pelat minimum dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 atau 9.5.3.4 sebagai berikut:
 - a) Untuk menggunakan pasal 9.5.3(2)
 - b) Untuk $0,2 < \alpha_m < 2$ ketebalan minimum plat harus memenuhi

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad 2.6.1(1)$$

Dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c) Untuk $\alpha_m \geq 2$ ketebalan minimum plat harus memenuhi

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \quad 2.6.1(2)$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm

- d) Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_{fm} tidak kurang dari 0.8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 10 dan 11 harus dinaikan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus sesuai SNI 2847-2013
- Pelat dengan tebal kurang dari tebal minimum yang ditetapkan, boleh dipergunakan bila dapat ditunjukkan dengan perhitungan bahwa lendutan yang terjadi tidak melebihi batas lendutan pada tabel 2.9

Dimana :

l_n = Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok

f_y = Tegangan leleh

- β = Rasio bentang berih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat
- $\alpha_{\bar{m}}$ = Nilai rata – rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel
- α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

Nilai α_m didapat dari

$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{plat} I_{plat}} \quad 2.6.1(3)$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \quad 2.6.1(4)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \quad 2.6.1(5)$$

$$I_{plat} = Ly \times \frac{hf^3}{12} \quad 2.6.1(6)$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{hw}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{hw}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

Perumusan untuk mencari lebar flens pada balok :

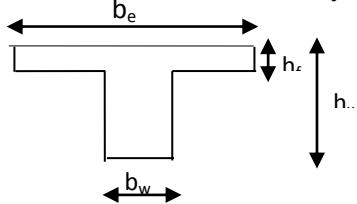
Balok Tengah :

Nilai be :

$$be = bw + 2(hw - hf)$$

$$be = bw + 8 hf$$

dari kedua nilai be tersebut diambil yang terkecil



Gambar 2. 8 Balok Tengah

2.6.2 Penulangan Pelat

- Perencanaan penulangan pelat dimulai dengan merencanakan mutu beton pelat, tegangan leleh baja tulangan dan tebal pelat.
- Perhitungan pembebanan pelat dideskripsikan berupa beban mati dan beban hidup yang membebani pelat.
- Penentuan kategori pembagian jenis pelat termasuk kategori elat satu arah atau pelat dua arah berdasarkan bentang panjang dan bentang pendek.
- Perhitungan momen-momen pada pelat, momen tersebut harus diasumsikan berporos terhadap sumbu tegak lurus terhadap diagonal dari sudut pada sisi atas pelat dan berporus terhadap sumbu yang parallel terhadap diagonal pada sisi bawah pelat (SNI 2847-2013 pasal 13.3.6.2)
- Periksa rasio penulangan pelat sesuai dengan $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ untuk mengetahui luasan tulangan pelat yang diperlukan.

Tabel 2. 16 Rasio Penulangan Pelat

SUMBER	PERSAMAAN
SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$ 2.6.2(1)
SNI-03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$ 2.6.2(2)
SNI-03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ 2.6.2(3)
Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$ 2.6.2(4)
Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$ 2.6.2(5)

Jika perlu $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga:

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \quad 2.6.2(1)$$

$$As = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \quad 2.6.2(2)$$

- Luas tulangan pelat dalam masing-masing arah untuk pelat dua arah ditentukan berdasarkan momen-momen pada penampang kritis, tetapi paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton tidak boleh kurang dari 0.0014
- Spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat (SNI 2847-2013 pasal 13.3.2)
- Periksa tulangan susut dan suhu
 - Tulangan untuk tegangan susut dan suhu tegak lurus terhadap tulangan lentur harus disediakan dalam pelat struktur dimana tulangan lentur menerus dalam satu arah saja (SNI 2847-2013 pasal 7.12.1)
 - Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0.0014 (SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1)
 - a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350 adalah 0.0020
 - b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 adalah 0.0018
 - c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 35% adalah $\frac{0.0018 \times 420}{f_y}$
 - Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal pelat

atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.2)

- Panjang penyaluran pelat tanpa balok harus mempunyai perpanjangan minimum sebagai berikut:

LAJUR	LOKASI	A _s MINIMUM PADA PENAMPANG	TANPA PANEL TURUN	DENGAN PANEL TURUN
LAJUR KOLOM	ATAS	SISA 50%		
	BAWAH	100%		
LAJUR TENGAH	ATAS	100%		
	BAWAH	SISA 50%		

Gambar 2. 9 Perpanjangan minimum untuk tulangan pada slab tanpa balok

(SNI 2847-2013, Gambar 13.3.8)

- Penyaluran tulangan momen positif (SNI 2847-2013 pasal 12.11.1)
Paling sedikit sepertiga tulangan momen positif pada komponen struktur sederhana dan seperempat tulangan momen positif pada komponen struktur menerus harus diteruskan sepanjang muka komponen struktur yang sama kedalam tumpuan.
- Tulangan momen positif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus memenuhi ke tepi pelat dan mempunyai penanaman, lurus atau kait,

paling sedikit 150 mm dalam balok, kolom atau dinding. (SNI 2847-2013 pasal 13.3.3)

- Penyaluran tulangan momen negatif (SNI 2847-2013 pasal 12.12.3)

Paling sedikit sepertiga tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada tumpuan harus mempunyai anjang penanaman melewati titik balok tidak kurang dari

- a) D
- b) $12d_b$
- c) $l_n/16$

pilih nilai yang paling besar diantara ketiganya.

- Tulangan momen positif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus dibengkokkan, dikait, atau jikalau tidak diangkur dalam balok, kolom atau dinding dan harus disalurkan ke muka tumpuan (SNI 2847-2013 pasal 13.3.4)

2.7 Perencanaan Balok

Berdasarkan syarat-syarat dari rangka momen menengah, perhitungan tulangan balok portal yang mempunyai gaya tekan aksial terfaktor, P_u , Kurang dari $A_g f_c / 10$, harus memenuhi ketentuan berikut ini:

- Kekuatan momen positif pada muka joint $\geq 1/3$ kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint
- Kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang $\geq 1/5$ kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint
- Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan dengan panjang $\geq 2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama ditempatkan ≤ 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi:

- a) $d/4$
 - b) 8 x diameter tulangan longitudinal terkecil
 - c) 24 x diameter tulangan sengkang
 - d) 300 mm
- Spasi segkang $\leq d/2$ sepanjang panjang balok.

2.7.1 Perencanaan Dimensi Balok

Perencanaan dimensi balok ini digunakan untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 Mpa. Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan *SNI 2847-2013, Tabel 9.5 (a)*, Sebagai berikut:

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Komponen struktur balok kantilever sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/8$.
- Komponen struktur balok anak sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/21$.
- Apabila kuat leleh lentur (f_y) selain 420 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$
- Syarat Pelindung Beton sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7.7.1

Tabel 2. 17 Pelindung Beton untuk Tulangan

Keterangan	Tebal selimut Minimum(mm)
a) Beton yang dicor diatas dan selalu berhubungan dengan tanah	75

Sumber: *SNI 2847-2013, Pasal 7.7.1*

Tabel 2. 18 (Lanjutan) Pelindung Beton untuk Tulangan

Keterangan	Tebal selimut Minimum(mm)
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 hingga D-57 Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	50 40
c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, dinding, balok usuk :</u> Batang D-44 dan D-57 Batang D-36 dan yang lebih kecil <u>Balok, kolom :</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral <u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat</u> : Batang D-19 dan yang lebih besar Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil	40 20 40 20 13

Sumber: SNI 2847-2013, Pasal 7.7.1

2.7.2 Perencanaan Tulangan Lentur Balok

Perencanaan penulangan lentur balok pada tugas akhir ini menggunakan desain tulangan rangkap. Di dalam perencanaan tulangan rangkap ini prinsipnya penampang beton yang tertekan dibuat sekecil mungkin dengan meletakkan posisi garis netral, X , lebih mendekati tulangan tekan dengan tetap memperhatikan komposisi tulangan tarik, A_s , dan tulangan tekan, A_s' . Adapun langkah-langkah untuk menentukan nilai X dengan cara coba-coba sampai tulangan tarik tidak mampu memikul momen akibat

beban luar sehingga harus membutuhkan tulangan tekan. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk desain tulangan balok:

a. Tulangan tunggal

$$1) M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad 2.7.2(1)$$

$$2) d = bw - \text{decking} - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. utama}} \quad 2.7.2(2)$$

3) Penentuan tulangan balok berdasarkan Tabel 2.10

Kontrol tulangan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} ; \text{ menggunakan } \rho \quad 2.7.2(3)$$

$$\rho_{\min} > \rho : \text{ menggunakan } \rho_{\min} \quad 2.7.2(4)$$

$$4) A_s = \rho \cdot b \cdot d \text{ atau } A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d \quad 2.7.2(5)$$

$$5) n = \frac{A_s}{A_{s \text{ Pakai}}} \quad 2.7.2(6)$$

Cek kondisi :

$$6) \text{ Bila } \rho > \rho_{\max} \quad 2.7.2(7)$$

maka dimensi penampang perlu diperbesar

$$7) \text{ Bila } \rho < \rho_{\min} \quad 2.7.2(8)$$

maka dimensi penampang terlalu besar

b. Tulangan Rangkap

1) Ambil suatu harga $X \leq X_b$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d \quad 2.7.2(9)$$

2) Ambil A_{sc} berdasarkan X rencana

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X}{f_y} \quad 2.7.2(10)$$

3) Hitung M_{nc}

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2} \right) \quad 2.7.2(11)$$

4) Periksa keperluan tulangan tekan

$$\text{Apabila: } M_n - M_{nc} \geq 0, \quad 2.7.2(12)$$

maka perlu tulangan tekan

$$M_n - M_{nc} \leq 0, \quad 2.7.2(13)$$

maka tidak perlu tulangan tekan

- 5) Bila perlu tulangan tekan, maka hitung $Cs' = T2$

$$Cs' = T2 = \frac{Mn - Mnc}{(d - d'')} \quad 2.7.2(14)$$

- 6) Kontrol tulangan tekan leleh

$$Fs' = \left(1 - \frac{d''}{X}\right) 600 \geq fy \quad 2.7.2(15)$$

maka tulangan leleh,

$$fs' = fy \quad 2.7.2(16)$$

$$Fs' = \left(1 - \frac{d''}{X}\right) 600 \leq fy \quad 2.7.2(17)$$

maka tulangan leleh, $fs' = fs'$ 2.3.2(11)

- 7) Hitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$As' = \frac{Cs'}{(fs' - 0.85 \cdot fc')} \quad 2.7.2(18)$$

$$Ass = \frac{T2}{fy} \quad 2.7.2(19)$$

- 8) Tulangan Perlu

$$As = sc + ss \quad 2.7.2(20)$$

$$As' = As \quad 2.7.2(21)$$

Kontrol kekuatan

$$\phi Mn \geq Mu \quad 2.7.2(22)$$

2.7.3 Perencanaan Tulangan Geser Balok

Berdasarkan ketentuan dari rangka pemikul momen menengah, nilai ϕVn yang menahan gaya gempa, E, tidak boleh kurang dari nilai yang lebih kecil dari (a) dan (b):

- (a) Geser maksimum yang terkait dengan perkembangan Mn balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor
- (b) Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban yang melibatkan gaya gempa, E dengan E diasumsikan sebesar dua kali. Kekuatan geser

nominal beton, V_n , merupakan kombinasi dari kuat geser yang dipikul oleh beton, V_c , dan kuat geser yang dipikul oleh baja tulangan, V_s , atau dalam persamaan dapat dituliskan:

$$V_n = V_c + V_s \quad 2.7.3(1)$$

Besarnya V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur menurut SNI 2847-2013 pasal 12.2.1.1 adalah:

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f_c'}.bx.d \quad 2.7.3(2)$$

Dan besarnya V_s minimum yang harus dimiliki oleh tulangan geser adalah:

$$V_{s(\min)} = \frac{1}{3}bw.d \quad 2.7.3(3)$$

Dalam merencanakan tulangan geser, pada dasarnya dibagi atas beberapa kondisi sebagai berikut:

- Kondisi 1)

$$V_u \leq 0,5.\emptyset V_c \quad 2.7.3(4)$$

- Kondisi 2)

$$0,5.\emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c \quad 2.7.3(5)$$

- Kondisi 3)

$$\emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset.(V_c + V_{s(\min)}) \quad 2.7.3(6)$$

- Kondisi 4)

$$\emptyset(V_c + V_{s(\min)}) \leq V_u \leq \emptyset.(V_c + 0,33\sqrt{f_c'}.bw.d) \quad 2.7.3(7)$$

- Kondisi 5)

$$\emptyset(V_c + 0,33\sqrt{f_c'}.bw.d) \leq V_u \leq \emptyset.(V_c + 0,66\sqrt{f_c'}.bw.d) \quad 2.7.3(8)$$

Perencanaan geser minimum digunakan apabila gaya geser terfaktor, V_u , masuk pada kondisi 2 dan kondisi 3. Apabila gaya geser terfaktor masuk pada kondisi 4 dan kondisi 5, maka diperlukan tulangan geser. Apabila gaya geser terfaktor masuk pada kondisi 1, tulangan geser harus tetap diberikan mengingat perencanaan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah. Pada perencanaan tulangan geser minimum, luas

tulangan geser, A_v , tidak boleh kurang dari $(0,35.b_w.S)/f_{yt}$, dan $V_s = V_{s(\min)}$. Spasi yang digunakan tidak boleh lebih dari $d/2$ pada komponen struktur non prategang, atau 600 mm. Sedangkan untuk perencanaan geser yang masuk pada kondisi 4, luas tulangan geser adalah:

$$A_v = \frac{V_s.S}{f_{yt}.d}, \quad 2.7.3(9)$$

dengan $\emptyset V_{s,perlu} = V_u - \emptyset V_c$, dan $S_{maks} \leq d/2 \leq 600$ mm
Perencanaan yang masuk pada kondisi 5, luas tulangan geser sama seperti kondisi 4. Tetapi spasi yang diberikan harus dikurangi setengahnya, atau dalam persamaan dapat ditulis:

$$S_{maks} \leq d/2 \leq 300 \text{ mm} \quad 2.7.3(10)$$

2.7.4 Perencanaan Tulangan Torsi Balok

Perencanaan torsi didasarkan dari SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika momen puntir terfaktor T_u memenuhi syarat sebagai berikut:

$$T_u < \emptyset 0,083\lambda\sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad 2.7.4(1)$$

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (beton normal)

SNI 2847 2013 pasal 8.6.1

$\Phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi)

SNI 2847 2013 pasal 9

- Untuk memikul geser oleh lentur dan puntir, dimensi penampang harus direncanakan:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A c h^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0.66\sqrt{f'c'}\right) \quad 2.7.4(2)$$

- Dalam mendesain tulangan torsi, harus memenuhi:

$$\phi T_n \geq T_u \quad 2.7.4(3)$$

- Sedangkan T_n dihitung dengan persamaan:

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta \quad 2.7.4(4)$$

Dengan A_o boleh diambil sama dengan 0,85 ; θ boleh diambil sama dengan 45 derajat untuk komponen struktur non prategang atau komponen struktur prategang dengan gaya prategang efektif kurang dari 40% kekuatan tarik longitudinal

- Luas tulangan longitudinal tambahan untuk menahan torsi. A tidak boleh kurang dari:

$$A_l = \frac{A_t}{s} Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta \quad 2.7.4(5)$$

2.7.5 Perencanaan Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

1. Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik
 - Panjang penyaluran λ_d dinyatakan dalam diameter d_b untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik, harus ditentukan berdasarkan pasal 21.5.3, tetapi λ_d tidak boleh kurang dari 300 mm.
 - Untuk batang ulir atau kawat ulir, λ_d/d_b harus diambil sebagai berikut :

Tabel 2. 19 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang λ_d tidak kurang dari persyaratan minimum		

Tabel 2. 20 (Lanjutan) Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
sesuai peraturan Atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{12 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{18 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{10 \sqrt{f_c'}}$

Dimana :

- α = faktor lokasi penulangan
- β = faktor pelapis
- λ = faktor beton agregat ringan
- d_b = diameter tulangan

2. Penyaluran batang ulir yang berada dalam kondisi tekan
 - Panjang penyaluran λ_d dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar λ_{db} pada pasal 14.3(2) dengan faktor modifikasi yang berlaku sesuai dengan pasal 14.3(3), tetapi λ_d tidak boleh kurang dari 200 mm. Panjang penyaluran dasar λ_{db} , harus diambil sebesar $d_b f_y / (4\sqrt{f_c'})$, tetapi tidak kurang dari $0,04 d_b f_y$

2.8 Perencanaan Kolom

Berdasarkan syarat-syarat dari rangka momen menengah, perhitungan tulangan kolom yang mempunyai

gaya tekan aksial terfaktor, P_u , lebih dari $A_g \cdot f_c' / 10$, harus memenuhi ketentuan berikut ini:

- Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan spasi S_0 dengan panjang l_0 diukur dari muka joint. Spasi S_0 tidak boleh melebihi yang terkecil dari ketentuan berikut ini:
 - 8 x diameter batang tulangan longitudinal terkecil
 - 24 x diameter batang tulangan begel
 - $\frac{1}{2}$ x diameter penampang kolom terkecil
 - 300 mm
- Panjang l_0 tidak boleh kurang dari yang terbesar dari ketentuan berikut ini:
 - $\frac{1}{6}$ bentang bersih kolom
 - Dimensi penampang maksimum kolom
 - 450 mm
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari $S_0/2$ dari muka joint
- Di luar panjang l_0 , spasi tulangan tidak boleh kurang dari $d/2$ untuk komponen struktur non-prategang, atau 600 mm

2.8.1 Perencanaan Dimensi Kolom

- Dimensi kolom direncanakan lebar kolom, b , sama dengan tinggi kolom, h , sehingga dimensi dapat dicari menggunakan persamaan:

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \quad 2.8.1(1)$$
- Dengan L adalah bentang bersih, dan I adalah momen inersia sebesar $\frac{1}{2} \cdot b \cdot h^2$
- Sebelum diperiksa syarat dimensi kolom menurut SNI -2847-2013 Pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila:
 - Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial
 - Menerima beban aksial berfaktor lebih besar dari $A_g \cdot f_c' / 10$

2.8.2 Perencanaan Lentur dan Aksial Kolom

1) Kekakuan (EI)

Nilai EI bisa diambil dari nilai yang lebih kecil dari:

$$EI = \frac{0,2.Ec.Ig + Es.Ise}{1 + \beta d} \quad 2.8.2(1)$$

Atau

$$EI = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d} \quad 2.8.2(2)$$

2) Faktor kekangan ujung

Faktor kekangan ujung dalam hal ini didefinisikan sebagai ratio antara sigma kekakuan dibagi panjang kolom-kolom dengan ratio antara sigma kekakuan dibagi panjang balok-balok pada joint yang ditinjau.

Persamaan dapat ditulis:

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{kolom-kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{balok-balok}} \quad 2.8.2(3)$$

Setelah mendapatkan nilai faktor kekangan pada kedua ujung kolom, dapat dicari nilai faktor panjang efektif, k, pada nomogram (SNI 2857-2013 gambar S10.10.1.1)

3) Kontrol kelangsingan

Kolom yang dibebani gaya aksial dan lentur harus ditinjau terhadap bahaya tekuk sehingga harus dikontrol kelangsingannya. Sebelum diperiksa kelangsingannya, definisikan apakah kolom tergolong kolom dengan pengaku atau tanpa pengaku. Untuk kolom dengan pengaku, dikatakan langsing apabila:

$$\frac{Klu}{r} \geq 34 - 12 \frac{M1}{M2} \quad 2.8.2(4)$$

Sedangkan untuk kolom tanpa pengaku, kolom dikatakan langsing apabila:

$$\frac{Klu}{r} \geq 22 \quad 2.8.2(5)$$

$$\text{Dimana } r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad 2.8.2(6)$$

4) Faktor perbesaran momen

Faktor perbesaran momen dibedakan menjadi kolom tak bergoyang dan bergoyang, untuk kolom tak bergoyang, faktor perbesaran momen, M_c , besarnya adalah:

$$M_c = \delta n s M_2 \quad 2.8.2(7)$$

Sedangkan untuk kolom bergoyang, momen M_1 dan M_2 di ujung komponen struktur individu harus diambil sebesar:

$$M_1 = M_1 n s + \delta s M_1 s \quad 2.8.2 (8)$$

$$M_2 = M_2 n s + \delta s M_2 s \quad 2.8.2 (9)$$

Setelah menghitung perbesaran momen, cari nilai ρ pada diagram interaksi atau bisa dengan program PCAcol. Sehingga didapatkan luas tulangan kolom.

2.8.3 Perencanaan Tulangan Geser Kolom

Berdasarkan ketentuan dari rangka pemikul momen menengah, nilai ϕV_n yang menahan gaya gempa, E , tidak boleh kurang dari nilai yang lebih kecil dari:

- (a) Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan ekuatan lentur tertinggi.
- (b) Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban yang melibatkan gaya gempa, E , dengan E ditingkatkan oleh Ω_0 . Kekuatan geser nominal beton, V_n , merupakan kombinasi dari kuat geser yang dipikul oleh beton, V_c , dan kuat geser yang dipikul oleh baja tulangan, V_s , atau dalam persamaan dapat dituliskan:

$$V_n = V_c + V_s \quad 2.8.3(1)$$

Besarnya V_c untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial menurut SNI 2847-2013 pasal 12.2.1.2 adalah:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14.A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} . bw . d \quad 2.8.3(2)$$

Dan Besarnya V_s minimum yang harus dimiliki oleh tulangan geser adalah:

$$V_{s(\min)} = \frac{1}{3} . bw . d \quad 2.8.3(3)$$

Perencanaan tulangan geser dibagi menjadi beberapa kondisi seperti yang sudah dijelaskan pada perencanaan geser balok. Setelah mengetahui kondisi dari gaya geser terfaktor, maka dapat menghitung kebutuhan tulangan geser kolom.

2.8.4 Perencanaan Penyaluran dan Penyambungan

Tulangan

Panjang Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik (SNI 03-2847-2002 psl. 21.7.5)

$$l_{hb} = \frac{f_y \times d_b}{5.4 \sqrt{f_c'}} \quad 2.8.4(1)$$

Panjang penyaluran termodifikasi :

$$l_{dh} = \gamma_{hb} \times 0,7 \times \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}} \geq 8d_b \quad 2.8.4(2)$$

atau 150 mm

2.9 Perencanaan Tangga

2.9.1 Perencanaan Dimensi Anak Tangga

1. Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes. Merencanakan dimensi tanjakan dan injakan dengan :

$$60 \text{ cm} < (2t + i) < 65 \text{ cm} \quad 2.9(1)$$

Keterangan :

t = tinggi tanjakan < 25 cm

i = lebar injakan, dengan 25 cm < i < 40 cm

2. Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{t}{i} \quad 2.9(2)$$

3. Syarat sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \quad 2.9(3)$$

4. Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi tangga}}{t} \quad 2.9(4)$$

5. Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1 \quad 2.9(5)$$

6. Tebal efektif pelat anak tangga

Dengan perbandingan luas segitiga :

$$L\Delta_1 = L\Delta_2 \quad 2.9(6)$$

$$\frac{1}{2} i \cdot t = \frac{1}{2} \sqrt{i^2 + t^2} \cdot d \quad 2.9(7)$$

Maka Tebal Efektif Pelat Tangga = Tebal Pelat Tangga Rencana + $\frac{1}{2} d$

2.9.2 Penulangan Struktur Tangga

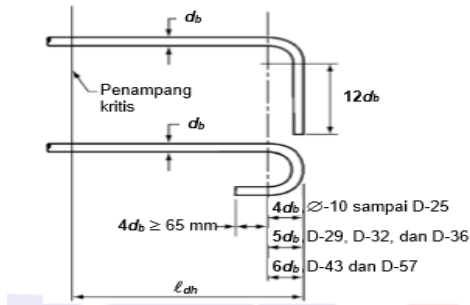
Penulangan pada pelat tangga dan pelat bordes menggunakan perhitungan sesuai dengan prinsip perencanaan pelat lantai.

2.10 Perhitungan Volume Pembesian

Pembesian pada penulangan balok ataupun kolom dihitung berdasarkan beratnya dalam kg atau ton. Dalam perhitungan volume balok dan kolom, dipertimbangkan juga aspek pembengkokan tulangan dan panjang kaitan. Hal ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan besi secara efisien. Perhitungan volume pembesian direncanakan berdasarkan SNI Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (2847-2013), sehingga telah disusun ketentuan panjang bengkokan, kaitan dan penyaluran pada gedung.

a. Kait standar

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar.



Gambar 2. 10 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar (SNI 2847-2013)

b. Panjang Penyaluran

1) Panjang Penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tarik

- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebagai berikut:

Tabel 2. 21 Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

	Batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
--	--	---

Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambungkan tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c'}}\right) d_b$
---	--	--

Tabel 2. 22 (Lanjutan) Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

	Batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b		
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}}\right) d_b$

Sumber: SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2

- Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebesar:

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b \quad 2.10(1)$$

Dimana ruas pengeangan $(C_d + K_{cr})/d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn} \quad 2.10(2)$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan disain meskipun terdapat tulangan transversal.

- Faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk peyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik:
 - a) Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan, $\psi_t = 1,3$. Untuk situasi lainnya, $\psi_t = 1,0$.
 - b) Untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$, $\psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya, $\psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (dikalvalis), $\psi_e = 1,0$.
 - c) Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 atau lebih kecil, $\psi_s = 0,8$. Untuk batang tulangan D-22 dan yang lebih besar, $\psi_s = 1,0$.
 - d) Bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika f_{ct} ditetapkan. Bila beton berat normal digunakan, $\lambda = 1,0$.
- 2) Panjang penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tekan

- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan, l_{dc} harus ditetapkan sesuai dengan ketentuan pada poin selanjutnya, tetapi l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm.
- Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_{dc} harus diambil sebesar yang terbesar dari:
 - $\left(\frac{0,24f_y}{\lambda\sqrt{f_c'}}\right)d_b$ dan $(0,043f_y)d_b$, dengan konstanta 0,043 mempunyai satuan mm^2/N .
- Panjang l_{dc} di atas diizinkan untuk dikalikan dengan faktor sesuai untuk :
 - a) Tulangan yang melebihi dari yang diperlukan oleh analisis.....(A_s perlu)/(A_s terpasang)
 - b) Tulangan dilingkupi tulangan spiral tidak kurang dari diameter 6 mm dan tidak lebih dari spasi 100 mm atau dalam pengikat berdiameter 13 dan berspasi pusat-ke-pusat tidak lebih dari 100 mm.....0,75.

Untuk menghitung berat besi (kg) dapat melihat tabel berat besi berdasarkan tipe besi seperti polos atau ulir lalu dikalikan dengan panjang total besi yang ditinjau.

Tabel 2. 23 Berat Besi

Diameter (mm)	Berat Kg per m	Luas Potongan Cm^2
6	0.222	0.28
8	0.395	0.50
10	0.627	0.79
12	0.888	1.13
14	1.208	1.54
16	1.578	2.01
19	2.226	2.84

22	2.984	3.80
25	3.853	4.91

Sumber: Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan”
oleh Ir. A Soedrajat. S) halaman 90

Perhitungan volume tulangan pembesian di tentukan dengan menghitung seluruh panjang besi pada elemen struktur bangunan dan mengelompokan berdasarkan jenis elemennya, seperti tulangan balok dan kolom. Dari hasil perhitungan panjang tulangan, dapat ditentukan jumlah kaitan, bengkakan dan kebutuhan tulangan besi dengan satuan Kg serta batang (12 meter per batang) dengan rumus sebagai berikut

- Volume Besi Dalam Kg

$$\text{Vol.} = p \times w \qquad 2.10(3)$$
- Volume Besi Dalam Batang

$$\text{Vol.} = \frac{p}{12 \text{ meter/batang}} \qquad 2.10(4)$$

Keterangan :

- W atau Berat (Kg/m) yang digunakan sesuai pada tabel 2.23
- P atau Total Panjang (m) adalah total jumlah panjang tulangan yang telah dihitung sesuai rumus 2.57
- Volume Besi (Batang) adalah volume pembesian dalam satuan Batang, tiap batang panjangnya ± 12 meter
- Volume Besi (Kg) adalah volume pembesian dalam satuan Kg

BAB III METODOLOGI

Dalam perencanaan Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang, diperlukan langkah-langkah untuk merencanakan struktur bangunan tersebut. Berikut ini adalah bagan alur perencanaan Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang, dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

3.1 Pengumpulan Data

1. Gambar arsitektur dan struktur bangunan
2. Data tanah

Data tanah yang digunakan adalah data tanah dari laboratorium yang diperoleh dari pengujian tanah di kota Malang yaitu berupa hasil tes SPT (*Standard Penetration Test*) seperti yang terlampir.

3.2 Study Literatur

Peraturan dan buku penunjang sebagai dasar teori maupun pendukung. Peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
2. SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.
3. SNI 03-1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur.

3.3 Penentuan Sistem Struktur

Penentuan metode yang digunakan untuk perhitungan struktur ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 dan peta Hazard Indonesia (Kementerian Pekerjaan umum) 2010 dengan dengan probabilitas terlampaui 10% dalam

50 tahun. Penentuan system struktur tergantung pada kategori desain seismik bangunan seperti *flowchart* pada *Gambar 3.3*

- a. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata (N_{SPT}) sesuai SNI 1726:2012

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \bar{N}_i} \quad 3.3(1)$$

- b. Dari nilai N_{SPT} dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel 2.3 sesuai SNI 1726:2012
- c. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 (gempa 500 tahun)
- d. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (F_a) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel 2.4 dan tabel 2.5 sesuai dengan SNI 1726:2012.
- e. Menentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS}) sesuai SNI 1726:2012

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad 3.3(2)$$

- f. Menentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}) sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad 3.3(3)$$

- g. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 0,2 detik sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad 3.3(4)$$

- h. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad 3.3(5)$$

- i. Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan gempa (I) struktur bangunan sesuai SNI 1726:2012 bisa dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726:2012 pada tabel 2.2.6 dan tabel 2.2.7

3.4 Preliminari Desain

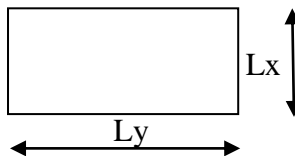
Penentuan dimensi elemen struktur dikerjakan dengan mengacu pada SNI 03-1726-2012 maupun ketentuan lain sesuai literatur yang dipakai. Elemen struktur yang perlu direncanakan adalah :

a. Penentuan Dimensi Pelat

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

1) Perencanaan pelat satu arah (one way slab)

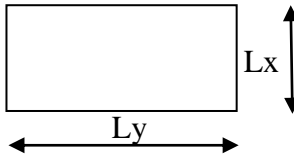
Pelat satu arah terjadi apabila $\frac{l_y}{l_x} > 2$; dimana l_x adalah bentang pendek dan l_y adalah bentang panjang.



Tebal minimum yang ditentukan dalam tabel berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

2) Perencanaan pelat dua arah (two ways slab)

Pelat dua arah terjadi apabila $\frac{l_y}{l_x} < 2$; dimana l_x adalah bentang pendek dan l_y adalah bentang panjang.



Tebal pelat minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- ❖ Tanpa penebalan > 125 mm
- ❖ Dengan penebalan > 100 mm

b. **Penentuan Dimensi Balok Sloof**

Untuk menentukan tinggi balok sloof, dapat menggunakan SNI 2847-2013, Tabel 11, sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai $2/3$ dari tinggi balok sloof yang telah didapat.

c. **Penentuan Dimensi Balok**

Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan SNI 2847-2013, Tabel 11, sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai $2/3$ dari tinggi balok yang telah didapat.

d. **Penentuan Dimensi Kolom**

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \quad 3.4(1)$$

Dimana :

I_{kolom} : inersia kolom $\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3\right)$

L_{kolom} : tinggi bersih kolom

I_{balok} : inersia balok $\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3\right)$

L_{balok} : panjang bersih balok

b_k dan $d_k \geq 250$ mm

$$\frac{h_k}{b_k \text{ atau } d_k} \leq 25 \quad 3.4(2)$$

e. **Penentuan Dimensi Tangga**

Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes.

Merencanakan dimensi tanjakan dan injakan dengan :

$$60 \text{ cm} < (2t + i) < 65 \text{ cm}$$

Keterangan :

t = tinggi tanjakan < 25 cm

i = lebar injakan, dengan $25 \text{ cm} < i < 40 \text{ cm}$ dan maksimal sudut tangga sebesar 40°

3.5 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Analisa pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Beban konstruksi atap

a. Beban mati

Terdiri dari beban sendiri atap, plafond, aspal, plumbing dan intalasi gedung.

b. Beban hidup

Beban hidup atap datar dan air hujan berdasarkan SNI 1727-2013.

2. Beban plat lantai

a. Beban mati

Terdiri dari beban sendiri pelat, spesi, keramik, beban plafond dan plumbing, ducting dan instalasi listrik.

- b. Beban hidup
Beban hidup ruang kelas/kuliah berdasarkan SNI 1727-2013.
- 3. Beban tangga dan bordes
 - a. Beban mati
Terdiri dari beban sendiri pelat tangga/bordes, spesi, keramik, dan beban anak tangga.
 - b. Beban hidup
Beban hidup tangga berdasarkan SNI 1727-2013 .
- 4. Beban angin
Analisa beban angin ditentukan sesuai Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727-2013.

3.6 Perhitungan Beban Gempa

Perhitungan beban gempa menggunakan metode analisa statik ekivalen sesuai SNI 1726-2013 seperti *flowchart* pada *Gambar 11*. Peta hazard yang digunakan adalah peta hazard Indonesia 2010 untuk probabilitas terlampaui 10% dalam kurun waktu 50 tahun atau periode 500 tahun seperti pada *Gambar 2.2 dan Gambar 2.3*.

3.7 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur menggunakan aplikasi SAP 2000 dengan input data manual dan perhitungan pembebanan manual.

3.8 Verifikasi Manual (Kontrol Output SAP)

Verifikasi manual dilakukan untuk mengontrol atau menguji kebenaran atau kesesuaian hasil output SAP dengan perhitungan manual sebelum hasil digunakan untuk perhitungan penulangan struktur. Kontrol dapat berupa perhitungan momen manual, berat struktur dll.

3.9 Analisis Gaya Dalam

Nilai gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan SAP 2000. Untuk Struktur sekunder pelat lantai, nilai gaya dalam diperoleh berdasarkan perhitungan pembebanan sebelumnya. Kombinasi yang digunakan untuk pembebanan SAP 2000 sesuai dengan SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain adalah sebagai berikut:

1. Ketahanan struktur terhadap beban hidup dan mati:
 - a. $1,4 D$
 - b. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
2. Ketahanan struktur terhadap beban angin yang dikombinasikan dengan beban hidup dan mati:
 - c. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
 - d. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
 - e. $0,9D + 1,0W$
3. Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan mati:
 - f. $1,2D + 1,0E + L$
 - g. $0,9D + 1,0E$

3.10 Perhitungan Penulangan Struktur

Komponen-komponen struktur didesain sesuai dengan aturan yang terdapat pada SNI 2847-2013. perhitungan meliputi :

1. Output dari SAP 2000 yang berupa momen-momen dan bidang D serta dimensi perencanaan,
2. Perhitungan Struktur Utama seperti flowchart pada *gambar 3.9* yaitu:
 - Perhitungan penulangan balok seperti flowchart pada *gambar 3.10* dan *gambar 3.11*
 - Perhitungan penulangan kolom seperti flowchart pada *gambar 3.12* dan *gambar 3.13*

3. Perhitungan Struktur Sekunder seperti flowchart pada *gambar 3.14* yaitu:
 - Perhitungan penulangan pelat lantai seperti flowchart pada *gambar 3.15*
 - Perhitungan penulangan tangga dan bordes seperti flowchart pada *gambar 3.16*
4. Perhitungan Struktur Bawah yaitu sloof seperti flowchart pada *gambar 3.17*
5. Penabelan penulangan yang digunakan untuk bangunan larah melintang dan larah memanjang tidak termasuk termasuk pondasi,
6. Sketsa gambar penulangan.

Berikut langkah perhitungan penulangan struktur:

a. Pelat

1. Perhitungan momen arah X dan Y pada pelat diperoleh dari perhitungan momen manual sesuai PBI 1971 dan kontrol output program SAP2000.

2. Perhitungan

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad 3.10(1)$$

3. Perhitungan

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} \quad 3.10(2)$$

4. Perhitungan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad 3.10(3)$$

5. Perhitungan

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad 3.10(4)$$

6. Perhitungan

$$\rho_{max} = 0,5 \times \rho_{balance} \quad 3.10(5)$$

7. Perhitungan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \quad 3.10(6)$$

8. Perhitungan

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \quad 3.10(7)$$

9. Perhitungan

$$As = \rho_{perlu} \times b \times d \quad 3.10(8)$$

NB : apabila $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30% sehingga :

$$\rho_{pakai} = 1,3 \times \rho_{perlu} \quad 3.10(9)$$

10. Cek persyaratan

a) Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{max} \leq 2 \times h \quad 3.10(10)$$

b) Kontrol perlu tulangan susut dan suhu

Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014.

Tabel 3. 1Rasio Luas Tulangan

	Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350	0,0020
b. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420	0,0018
c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen	$0,0018 \times \frac{400}{f_y}$

- c) Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu
Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

b. Tangga dan Bordes

Langkah-langkah perencanaan penulangan pada pelat tangga dan bordes sama dengan pelat lantai.

c. Balok

• Perhitungan tulangan lentur

1. Momen tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program SAP2000.

2. Perhitungan

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad 3.10(11)$$

3. Mencari nilai

$$d = b_w - \text{decking} - \phi_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. utama}} \quad 3.10(12)$$

4. Perhitungan

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} \quad 3.10(13)$$

5. Perhitungan

$$\rho_b = \frac{0,85x\beta_1xf'c'}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad 3.10(14)$$

6. Perhitungan

$$\rho_{max} = 0,5\rho_b \quad 3.10(15)$$

7. Perhitungan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad 3.10(16)$$

8. Perhitungan

$$m = \frac{f_y}{0,85xf_y} \quad 3.10(17)$$

9. Perhitungan

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \quad 3.10(18)$$

10. Perhitung tulangan:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}, \text{ maka memakai } \rho \quad 3.10(19)$$

$$\rho_{min} > \rho, \text{ maka memakai } \rho_{min} \quad 3.10(20)$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d, \text{ atau } As = \rho_{min} \cdot b \cdot d \quad 3.10(21)$$

$$As' = 0,5As \quad 3.10(22)$$

$$n = \frac{As}{As_{pakai}} \quad 3.10(23)$$

11. Cek kondisi :

Bila $\rho > \rho_{max}$, maka perbesar dimensi penampang

Bila $\rho < \rho_{min}$, maka dimensi terlalu besar

• Perhitungan tulangan geser

1. Penentuan V_n , V_c , V_s , dan V_u

Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E).

$$V_n = V_c + V_s \quad 3.10(24)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \quad 3.10(25)$$

Sedangkan untuk gaya geser minimum yang harus dimiliki tulangan geser :

$$V_{s_{min}} = \frac{1}{3} \times bw \times d \quad 3.10(26)$$

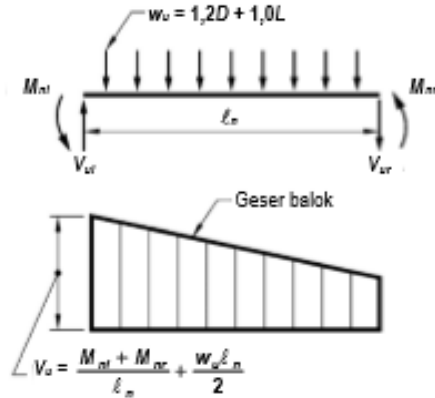
$$V_{s_{max}} = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \quad 3.10(27)$$

$$V_s = \frac{Av \times f_y \times d}{S} \quad 3.10(28)$$

Luas tulangan geser minimum yang harus terpasang :

$$Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y} \quad 3.10(29)$$

Untuk mendapatkan V_u sesuai dengan perencanaan SRPMM, maka rumus yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Gaya Lintang pada Balok Akibat Beban Gravitasi Terfaktor

2. Penentuan kondisi perhitungan tulangan geser :

- Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \varphi \times Vc \quad 3.10(30)$$

Maka, tidak perlu tulangan geser.

- Kondisi 2

$$0,5 \times \varphi \times Vc \leq Vu \leq \varphi \times Vc \quad 3.10(31)$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y} \quad 3.10(32)$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d \quad 3.10(33)$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad 3.10(34) \text{ dan}$$

$$S_{max} \leq 600 \text{ mm} \quad 3.10(35)$$

- Kondisi 3

$$\varphi \times Vc < Vu \leq \varphi(Vc + Vs_{min}) \quad 3.10(36)$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y} \quad 3.10(37)$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d \quad 3.10(38)$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad 3.10(39) \text{ dan}$$

$$S_{max} \leq 600 \text{ mm} \quad 3.10(40)$$

- Kondisi 4

$$\varphi(Vc + Vs_{min}) < Vu \leq \varphi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \right) \quad 3.10(41)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\varphi \times Vs_{perlu} = Vu - \varphi \times Vc \quad 3.10(42)$$

$$Vs = \frac{Av \times f_y \times d}{S} \quad 3.10(43)$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad 3.10(44) \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm} \quad 3.10(45)$$

- Kondisi 5

$$\varphi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \right) < Vu \leq \varphi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \right) \quad 3.10(46)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\varphi \times Vs_{perlu} = Vu - \varphi \times Vc \quad 3.10(47)$$

$$Vs = \frac{Av \times f_y \times d}{S} \quad 3.10(48)$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad 3.10(49) \text{ dan}$$

$$S_{max} \leq 600 \text{ mm} \quad 3.10(50)$$

- **Perhitungan tulangan torsi**

1. Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari:

a. Untuk komponen struktur non-prategang

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right) \quad 3.10(51)$$

b. Untuk komponen struktur prategang

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{0,33 \lambda \sqrt{f_c'}}}} \quad 3.10(52)$$

c. Untuk komponen struktur non-prategang yang dikenai gaya tarik atau tekan aksial

$$\phi 0,083\lambda\sqrt{f'_c} \left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33A_g\lambda\sqrt{f'_c}}} \quad 3.10(53)$$

2. Cek persyaratan

a. Kontrol momen

$$Mn > \frac{Mu}{\phi} \quad 3.10(54)$$

b. Kontrol penulangan geser

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad 3.10(55)$$

$$S_{max} \leq 600 \text{ mm} \quad 3.10(56)$$

• **Perhitungan panjang penyaluran tulangan**

1. Panjang Penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tarik

a. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

	Batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambungkan tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Tabel 3. 3 (Lanjutan) Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

	Batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c'}}\right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}}\right) d_b$

Sumber : SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2

- b. Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebesar :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) d_b \quad 3.10(57)$$

Dimana ruas pengeangan $(C_b + K_{tr})/d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn} \quad 3.10(58)$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan disain meskipun terdapat tulangan transversal.

- c. Faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk peyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik:
- Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan, $\psi_t = 1,3$. Untuk situasi lainnya, $\psi_t = 1,0$.
 - Untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$, $\psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya, $\psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (dikalvalis), $\psi_e = 1,0$.
 - Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 atau lebih kecil, $\psi_s = 0,8$. Untuk batang tulangan D-22 dan yang lebih besar, $\psi_s = 1,0$.
 - Bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika f_{ct} ditetapkan. Bila beton berat normal digunakan, $\lambda = 1,0$.
2. Panjang penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tekan
- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan, l_{dc} harus ditetapkan sesuai dengan ketentuan pada poin selanjutnya, tetapi l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm.
 - Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_{dc} harus diambil sebesar yang terbesar dari:

$$\left(\frac{0,24f_y}{\lambda\sqrt{f_c}}\right) d_b \text{ dan } (0,043f_y)d_b, \quad 3.10(59)$$

dengan konstanta 0,043 mempunyai satuan mm^2/N .

- c. Panjang l_{dc} di atas diizinkan untuk dikalikan dengan faktor sesuai untuk :
- Tulangan yang melebihi dari yang diperlukan oleh analisi.....(A_s perlu)/(A_s terpasang)
 - Tulangan dilingkupi tulangan spiral tidak kurang dari diameter 6 mm dan tidak lebih dari spasi 100 mm atau dalam pengikat berdiameter 13 dan berspasi pusat-ke-pusat tidak lebih dari 100 mm.

d. Kolom

• Perhitungan tulangan lentur kolom

- Bedakan antara kolom dengan pengaku (braced frame) atau kolom tanpa pengaku (unbraced frame)
 - Untuk komponen struktur tekan yang di bressing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \quad 3.10(60)$$

- Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibressing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} \leq 22 \quad 3.10(61)$$

- Perhitungan faktor kekakuan (EI) kolom

Nilai EI bisa diambil dari salah satu rumus dibawah:

$$EI = \frac{0,2 \cdot E_c \cdot I_g + E_s \cdot I_{se}}{1 + \beta_d} \quad 3.10(62)$$

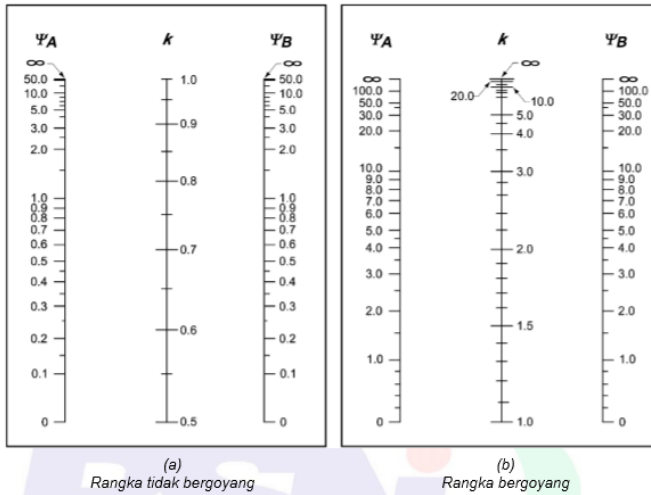
$$EI = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d} \quad 3.10(63)$$

- Perhitungan faktor kekangan ujung-ujung kolom ψ_A dan ψ_B :

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{kolom-kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{balok-balok}} \quad 3.10(64)$$

4. Perhitungan faktor panjang efektif (k)

Lihat tabel nomigram pada SNI 2847-2013 Pasal 12.11.6



Gambar 3. 2 Faktor Panjang Efektif (k)

5. Perhitungan P_c (Beban kritis) kolom-kolom yang bersangkutan

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot Lu)^2} \quad 3.10(65)$$

6. Perhitungan faktor pembesaran momen (δ_s dan δ_{ns})

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \cdot \sum P_c}} \geq 1 \quad 3.10(66)$$

7. Perhitungan :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s} \quad 3.10(67)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s} \quad 3.10(68)$$

Dimana :

δ_s = faktor pembesaran momen untuk rangka yang d tahan terhadap goyangan ke samping

C_m = suatu faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen

M_{1s} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

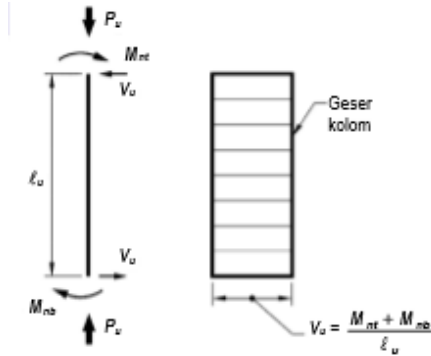
M_{2s} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti

- **Perhitungan tulangan geser kolom**

1. Untuk mendapatkan nilai V_u pada kolom sesuai dengan perencanaan SRPMM dapat diperoleh dari rumus berikut :



Gambar 3. 3 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor

2. Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser (V_c) harus dihitung menggunakan rumus:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d \quad 3.10(69)$$

Besaran Nu/Ag harus dinyatakan dalam MPa.

3. Kondisi perhitungan tulangan geser pada kolom sama dengan kondisi perhitungan pada balok.
4. Cek persyaratan
 - a. Kontrol momen

$$M_n > \frac{Mu}{\phi} \quad 3.10(70)$$

- b. Kontrol kemampuan kolom

Kontrol kemampuan kolom dilakukan dengan menggunakan program PCACOL.

$$M_{ux} < M_{nx} \quad 3.10(71)$$

$$M_{uy} < M_{ny} \quad 3.10(72)$$

• **Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom**

- a) Tulangan kondisi tarik

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \quad 3.10(73)$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{pasang}}} \lambda_d \quad 3.10(74)$$

b) Tulangan kondisi tekan

$$\lambda_d = \frac{d_b \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \cdot d_b f_y \quad 3.10(75)$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{pasang}}} \lambda_d \quad 3.10(76)$$

c) Tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$\lambda_{hb} = \frac{100d_b}{\sqrt{f_c'}} \quad 3.10(77)$$

3.11 Kontrol Persyaratan

1. Kontrol Persyaratan Pelat
 - a. Kontrol jarak spasi tulangan (SNI 2847-2013),
 - b. Kontrol jarak spasi tulangan susut,
 - c. Kontrol perlu tulangan susut (SNI 2847-2013),
 - d. Kontrol lendutan (SNI 2847-2013).
2. Kontrol Persyaratan Balok
 - a. Kontrol M_n pasang $\geq M_n$ untuk penulangan lentur,
 - b. Kontrol penulangan geser yang terdiri dari 5 kondisi.
3. Kontrol Persyaratan Kolom
 - a. Kontrol kemampuan kolom,
 - b. Kontrol momen yang terjadi $M_{pasang} \geq M_n$.

3.12 Gambar Rencana

Gambar perencanaan meliputi :

1. Gambar Arsitek
 - a. Gambar denah,
 - b. Gambar tampak.
2. Gambar Potongan

- a. Potongan memanjang,
 - b. Potongan melintang.
3. Gambar Penulangan
 1. Gambar penulangan pelat,
 2. Gambar penulangan tangga,
 3. Gambar penulangan balok,
 4. Gambar penulangan kolom,
 5. Gambar penulangan sloof.
 4. Gambar Detail
 1. Gambar detail panjang penyaluran,
 2. Gambar detail sambungan kuda-kuda.
 5. Gambar Struktur
 1. Gambar balok,
 2. Gambar kolom.

3.13 Perhitungan Volume Tulangan

Perhitungan volume tulangan elemen struktur utama pada salah satu portal melintang dan memanjang untuk mengetahui rasio tulangan dalam volume beton agar dapat diketahui struktur yang direncanakan ekonomis atau tidak.

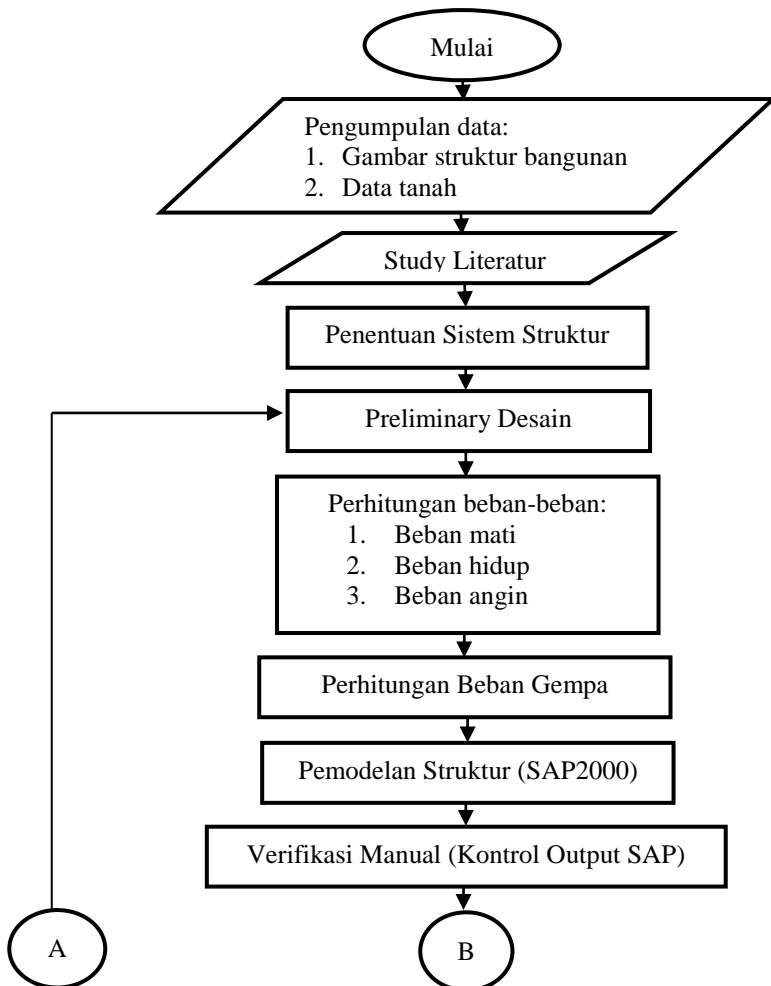
3.14 Metode Pelaksanaan

Perencanaan metode pelaksanaan salah satu elemen struktur yaitu kolom untuk mengetahui tahapan pelaksanaan pekerjaan kolom.

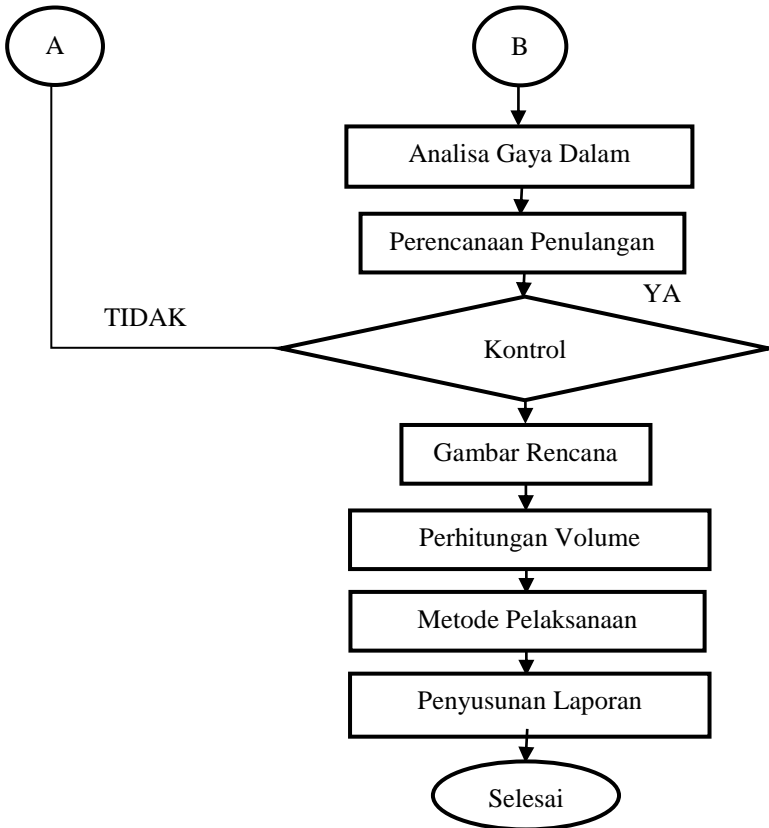
3.15 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan tugas akhir dilakukan setelah perhitungan dilakukan. Laporan tugas akhir merupakan hasil pekerjaan tugas akhir selain gambar rencana.

3.16 Flow Chart

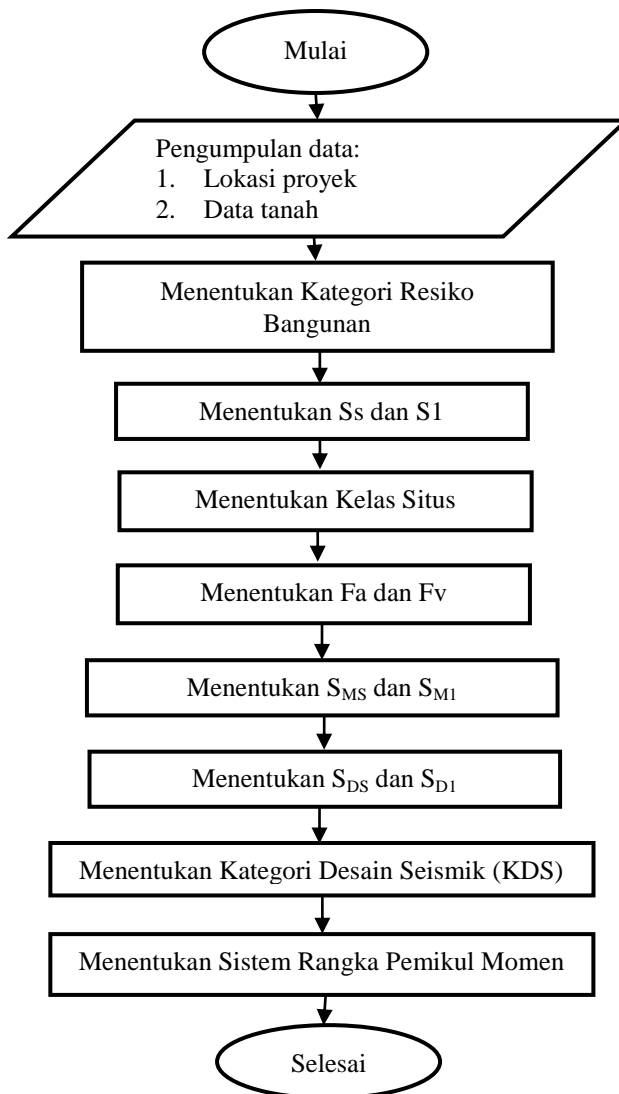


Gambar 3. 4 Flow Chart Penyusunan Laporan



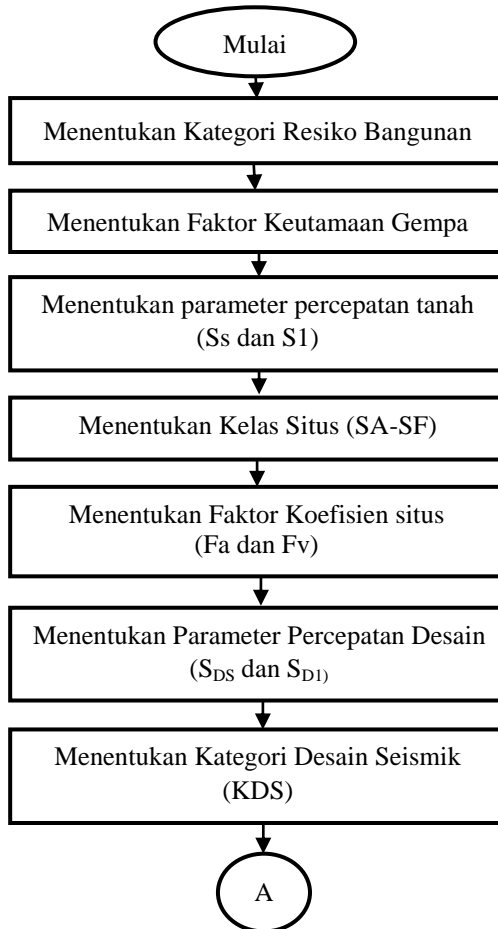
Gambar 3. 5 (Lanjutan) Flow Chart Penyusunan Laporan

3.16.1 Penentuan Sistem Struktur

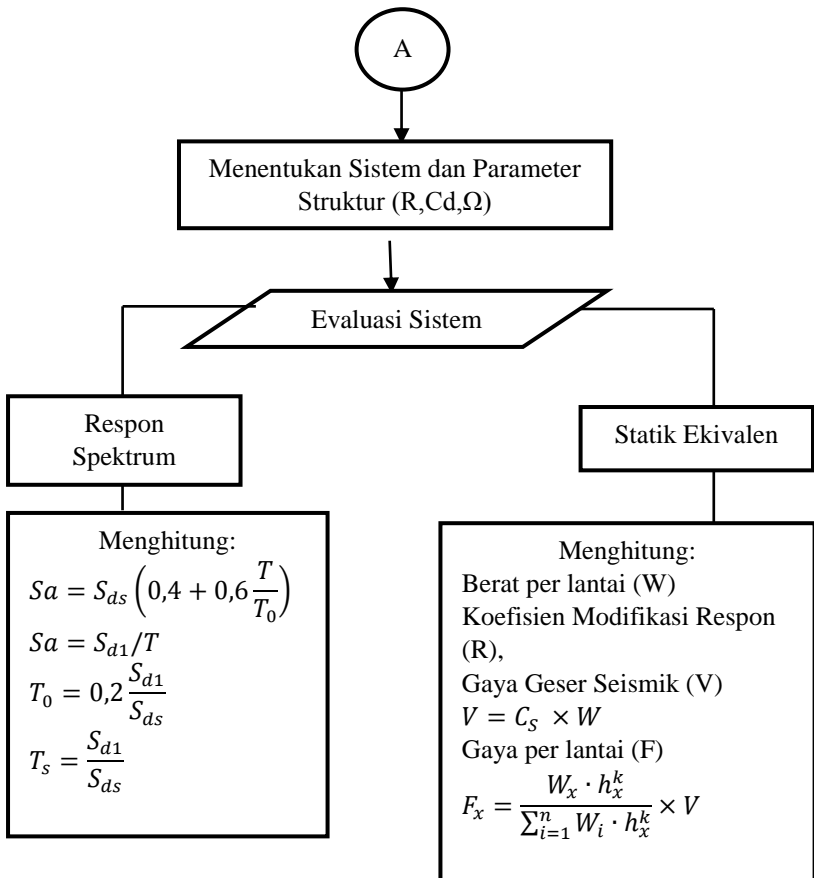


Gambar 3. 6 Flow Chart Penentuan Sistem Struktur

3.16.2 Perhitungan Beban Gempa



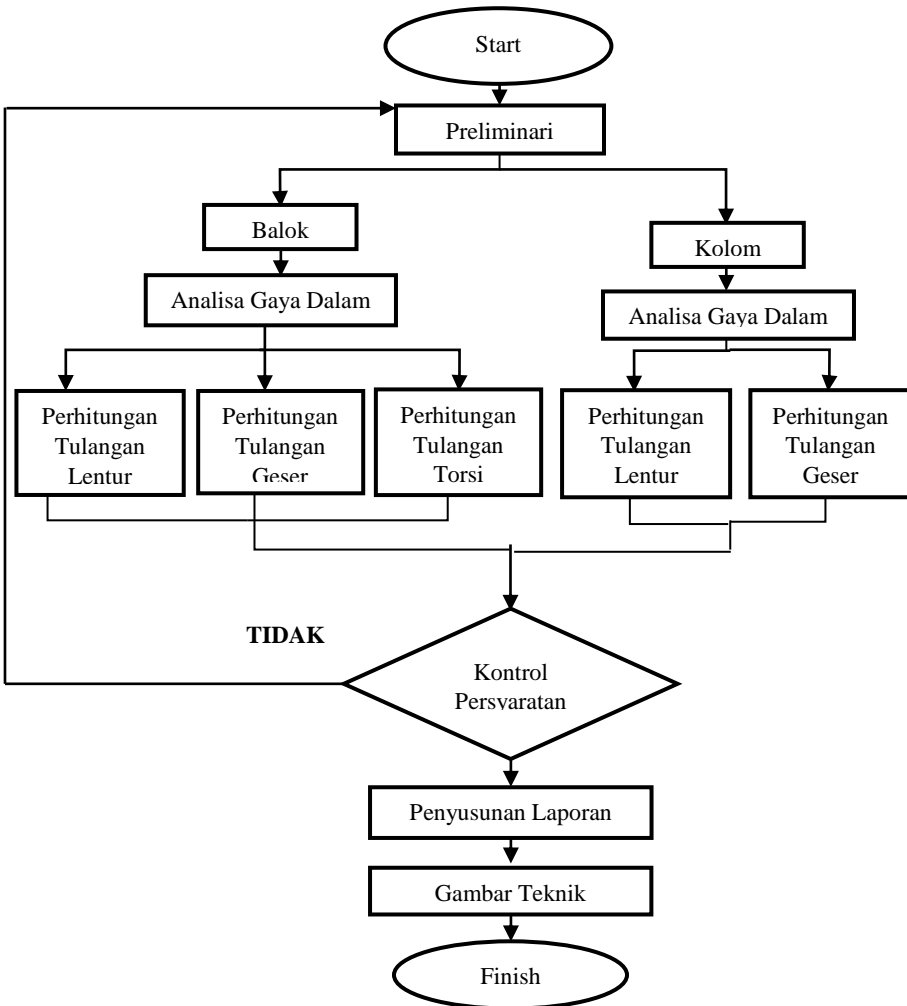
Gambar 3. 7 Flow Chart Perhitungan Beban Gempa



Gambar 3. 8 (Lanjutan) Flow Chart Perhitungan Beban Gempa

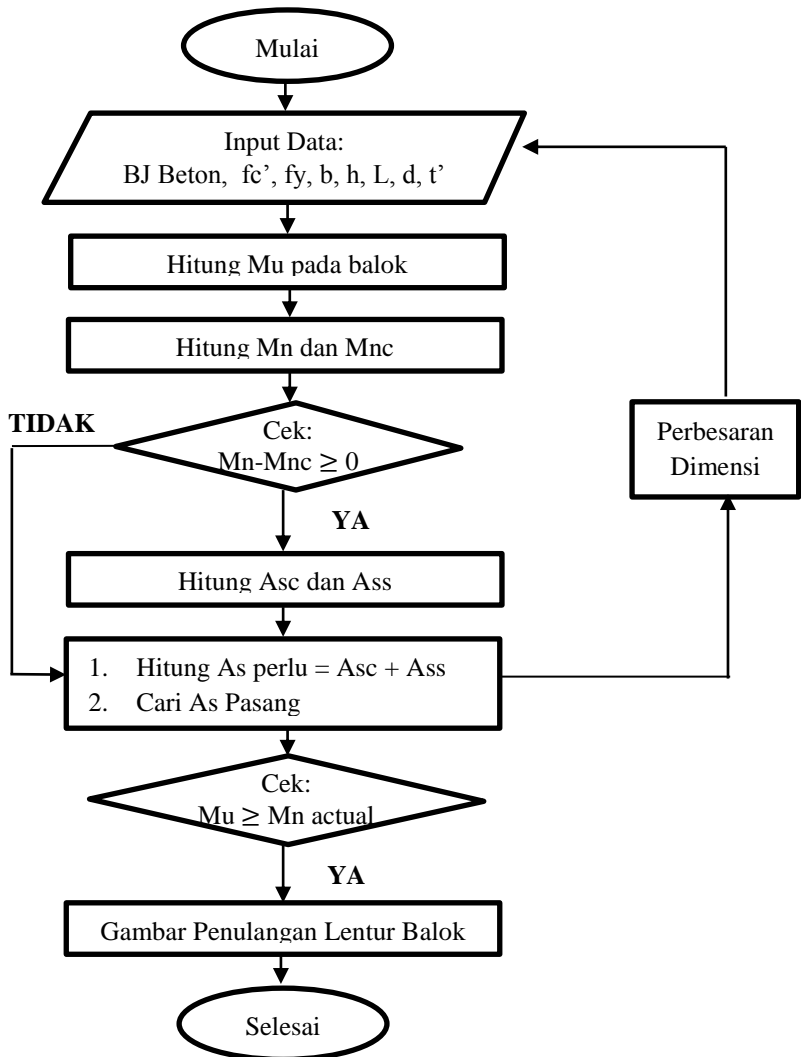
3.16.3 Perhitungan Struktur Utama

Dalam perhitungan struktur utama terdiri dari perhitungan balok dan kolom berdasarkan SNI 2847-2013



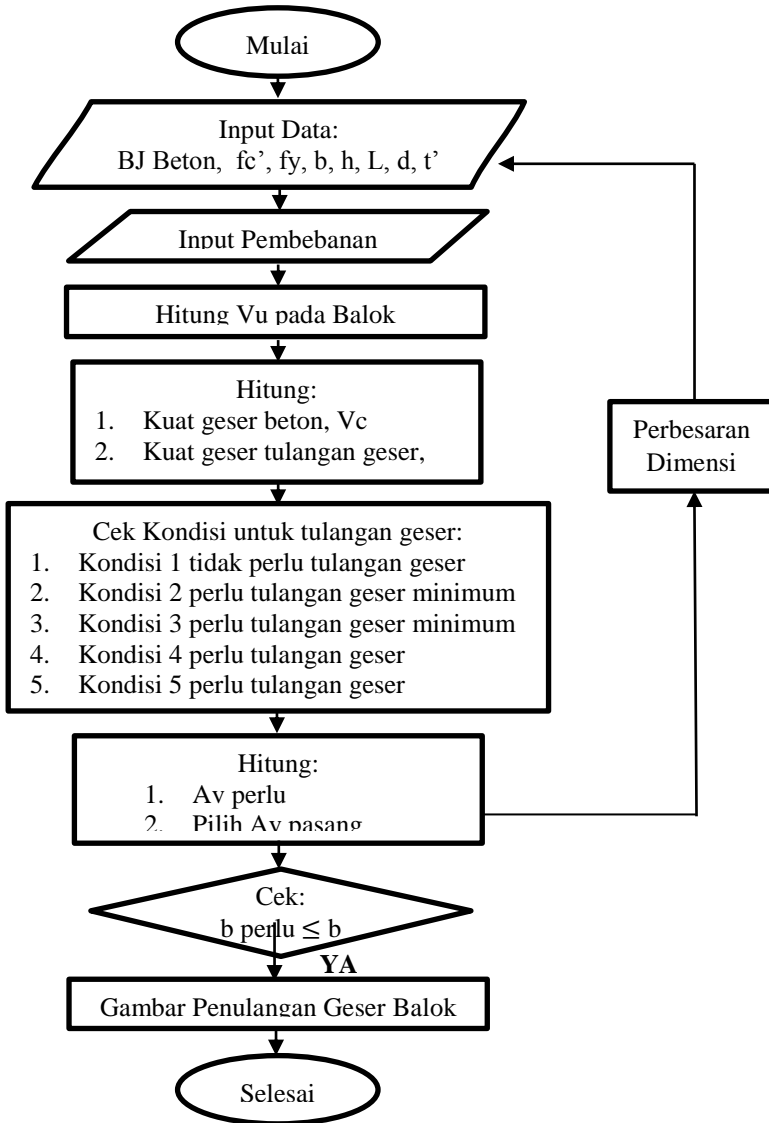
Gambar 3. 9 Flow Chart Perhitungan Struktur Utama

3.16.4 Penulangan Lentur Balok



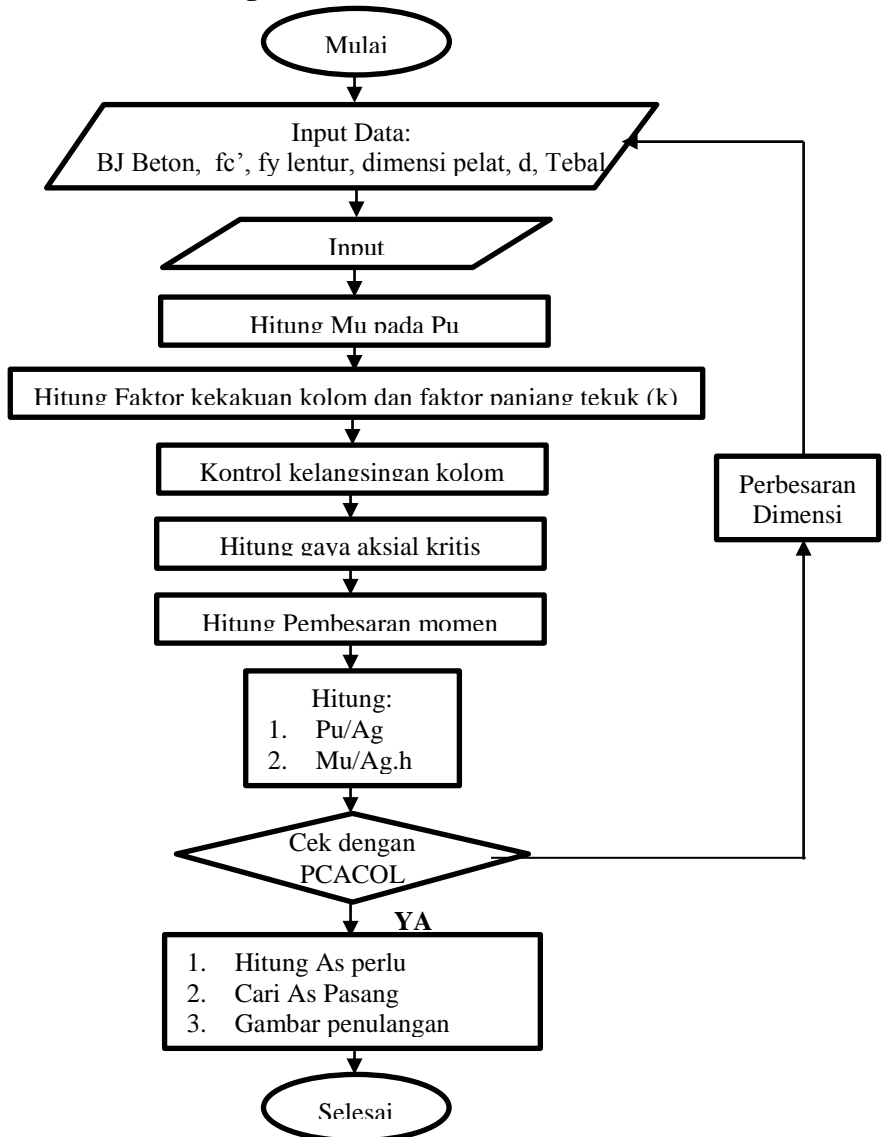
Gambar 3. 10 Flow Chart Penulangan Lentur Balok

3.16.5 Penulangan Geser Balok



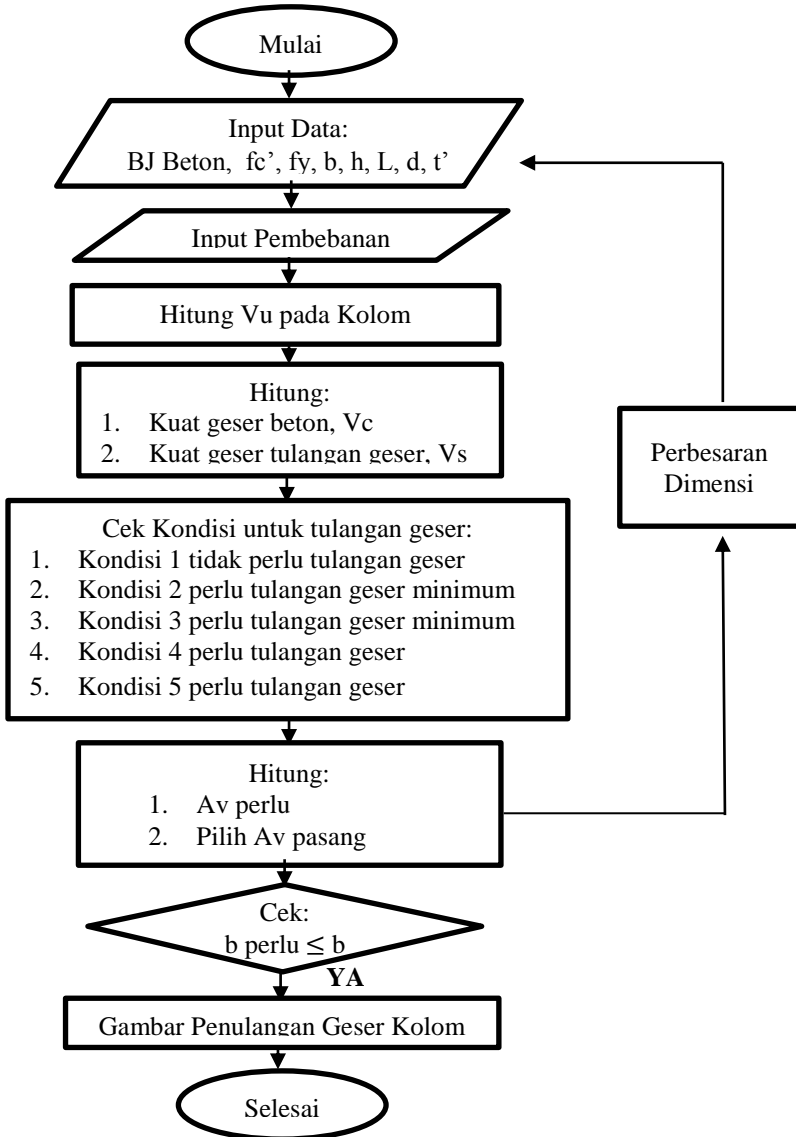
Gambar 3. 11 Flow Chart Penulangan Geser Balok

3.16.6 Penulangan Lentur Kolom



Gambar 3. 12 Flow Chart Penulangan Lentur Kolom

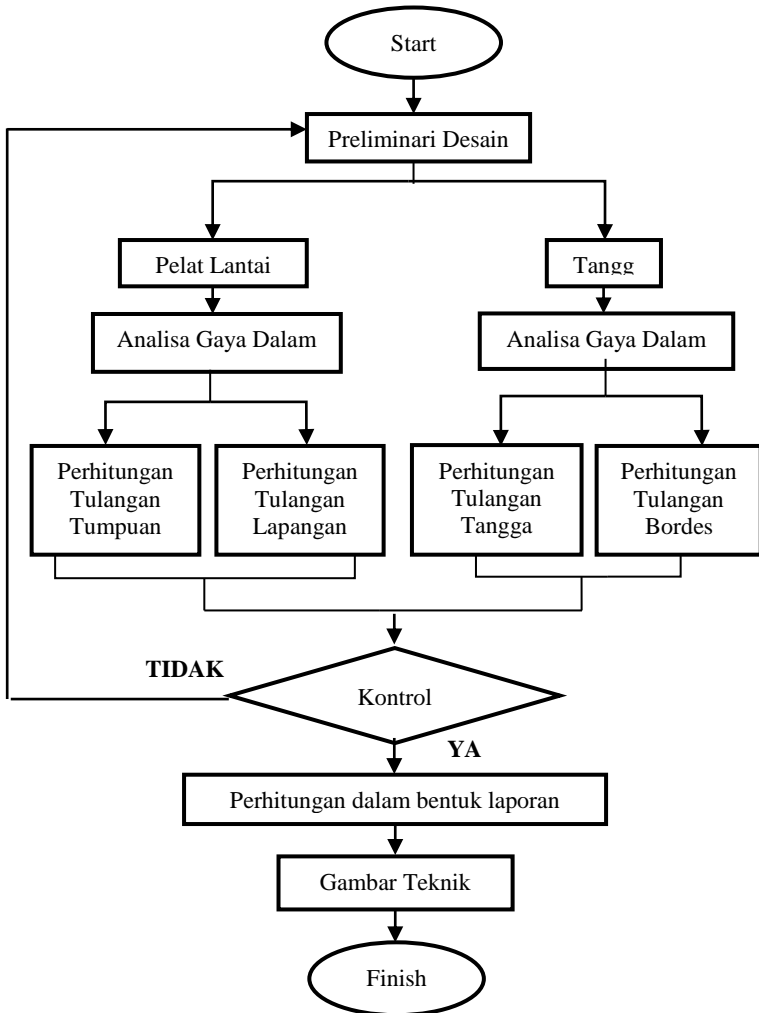
3.16.7 Penulangan Geser Kolom



Gambar 3. 13 Flow Chart Penulangan Geser Kolom

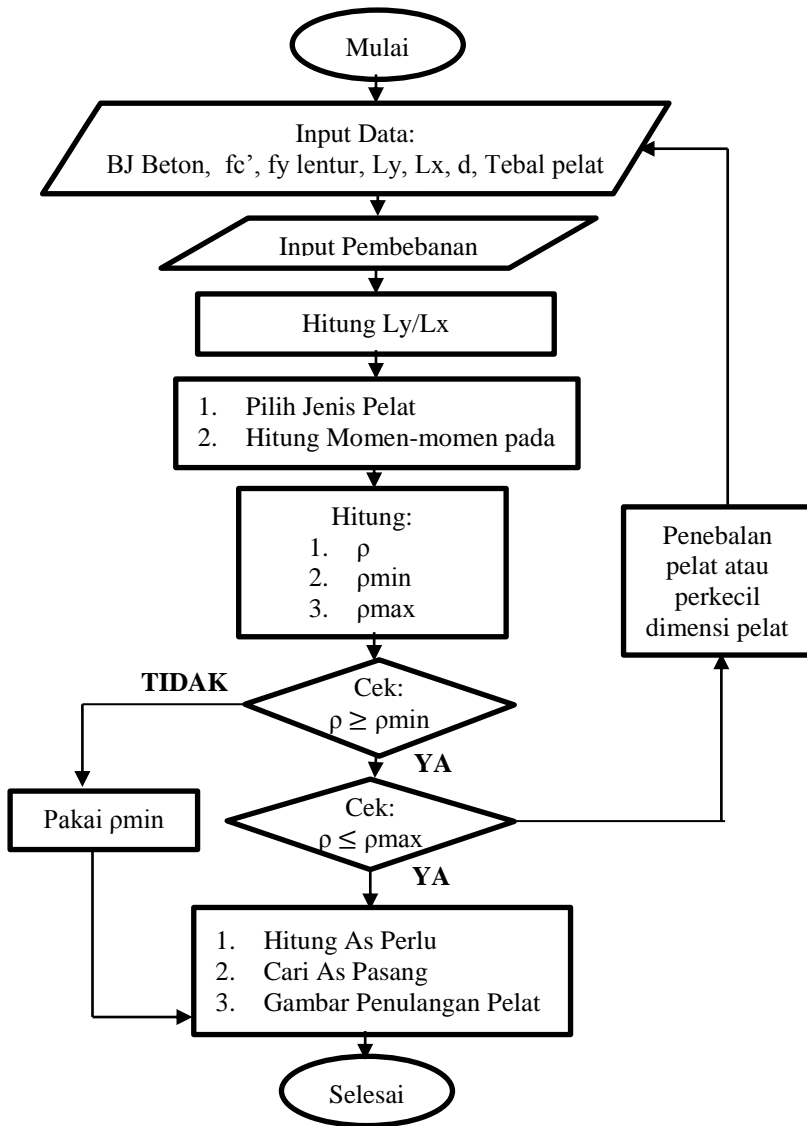
3.16.8 Perhitungan Struktur Sekunder

Dalam perhitungan struktur sekunder terdiri dari perhitungan pelat lantai dan tangga berdasarkan SNI 2847-2013.



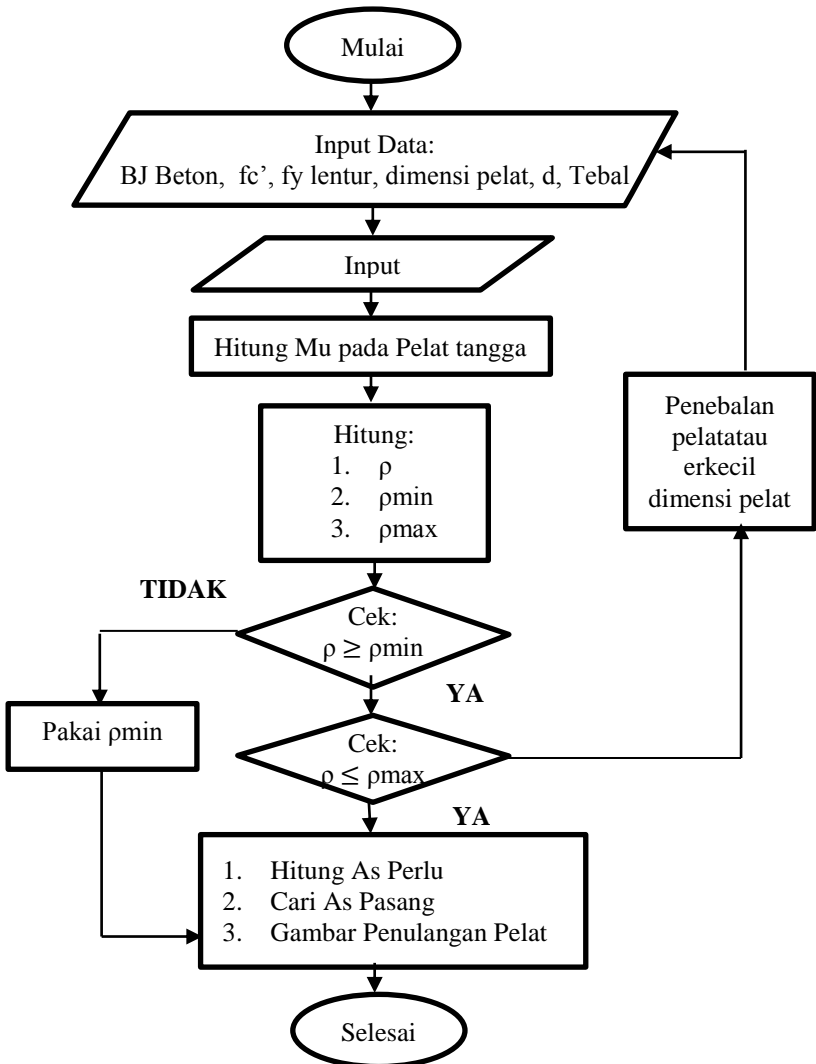
Gambar 3. 14 Flow Chart Perhitungan Struktur Sekunder

3.16.9 Penulangan Pelat



Gambar 3. 15 Flow Chat Penulangan Pelat

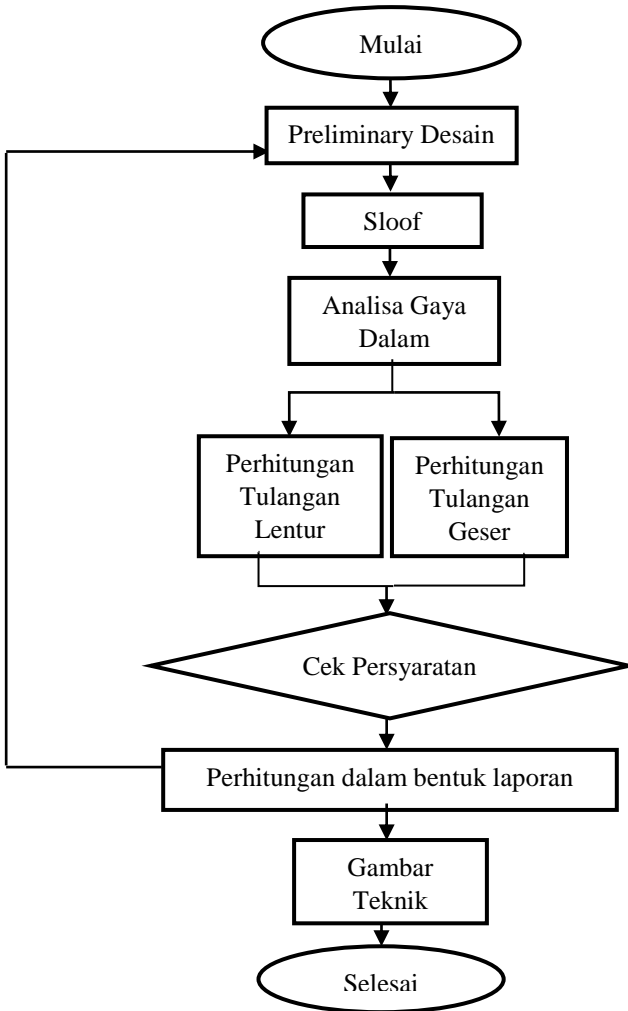
3.16.10 Penulangan Pelat Tangga dan Bordes



Gambar 3. 16 Flow Chart Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

3.16.11 Perhitungan Struktur Bawah

Dalam perhitungan struktur bawah terdiri dari perhitungan sloof berdasarkan SNI 2847-2013 tanpa perencanaan dan perhitungan tiang pancang dan poer.



Gambar 3. 17 Flow Chart Perhitungan Struktur Bawah

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Sistem Struktur

Penentuan metode yang digunakan untuk perhitungan struktur ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 dan peta Hazzard Indonesia (Kementerian Pekerjaan umum) 2010 dengan dengan probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun. Penentuan system struktur tergantung pada kategori desain seismik bangunan. Berikut penentuan sistem struktur untuk perencanaan Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang:

1. Klasifikasi Situs

Jenis kategori tanah dalam pasal 5.3 SNI 03-1726-2012 dibedakan menjadi batuan keras, batuan, tanah keras, sedang, lunak, dan khusus. Jenis tanah yang digunakan merupakan Tanah Sedang berdasarkan perhitungan menggunakan perhitungan data tanah SPT seperti berikut:

Tabel 4. 1 Perhitungan Klasifikasi Situs

d	di	Ni	di/Ni
d1	3	9	0.33
d2	3	7	0.43
d3	3	21	0.14
d4	3	44	0.07
d5	3	60	0.05
d6	3	60	0.05
d7	3	60	0.05
d8	3	60	0.05
Σ	24		1.17

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

$$\bar{N} = 20,46$$

Berdasarkan Tabel 2.3, apabila nilai $\bar{N}=20,46$ maka tergolong dalam situs SD (tanah sedang) karena $1 > \bar{N} > 50$.

2. Faktor Percepatan Batuan Dasar (S_s, S_1)

Parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_s (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 10 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 10 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Nilai $S_s = 0,3$ dan $S_1 = 0,1$ berdasarkan Peta Hazard Indonesia.

3. Faktor Koefisien Situs (F_a, F_v) dan Parameter Respon (S_{MS}, S_{M1})

Nilai F_a dan F_v ditentukan dengan menggunakan cara interpolasi yang ditentukan berdasarkan pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) = 1,56

Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v) = 2,40

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) = $F_a \times S_s = 1,56 \times 0,3 = 0,47$

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}) = $F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,1 = 0,24$

4. Parameter Percepatan Desain (S_{d1}, S_{ds}) sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, $S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,47 = 0,31$

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik, $S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,24 = 0,16$

5. Faktor Keutamaan Gempa (I)

Sesuai dengan Tabel 2.1, Gedung ini termasuk dalam kategori risiko IV dan berdasarkan Tabel 2.2 Kategori risiko IV memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,5.

6. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

Tabel 4. 2 Tabel S_{DS}

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012 Tabel 6

Karena nilai S_{DS} didapatkan sebesar 0,31, dan gedung memiliki kategori risiko IV, maka gedung ini tergolong dalam kategori desain seismik C

Tabel 4. 3 Tabel S_{D1}

Nilai S_{D1}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,067 < S_{DS} < 0,13$	B	C
$0,13 < S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012 Tabel 7

Karena nilai S_{D1} didapatkan sebesar 0,16, dan gedung memiliki kategori risiko IV, maka gedung ini tergolong dalam kategori desain seismik C.

Maka, Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang ini termasuk dalam KDS C, sehingga menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).

4.2 Perencanaan Dimensi Struktur

Dalam merencanakan struktur bangunan gedung, langkah awal yang perlu dilakukan adalah menentukan dimensi-dimensi yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

4.2.1 Perencanaan Dimensi Balok

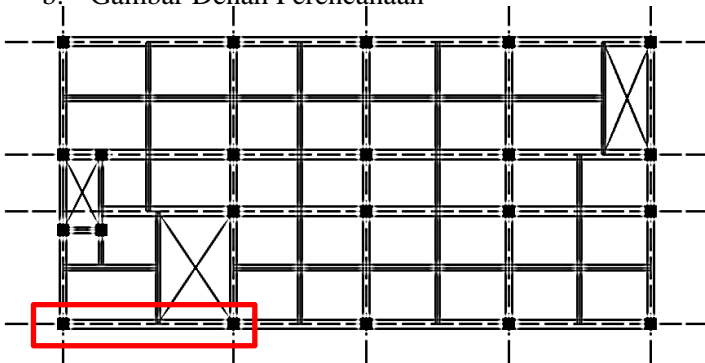
Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan dan hasil gambar perencanaan dimensi balok pada bangunan gedung kuliah Fakultas Teknik di Malang adalah sebagai berikut:

4.2.1.1 Balok Induk

a. Data Perencanaan

- Tipe balok : BI 1
- Lokasi yang ditinjau : Lantai 2
- As balok : 4 [A-B]
- Bentang balok (L_{balok}) : 9 meter
- Kuat leleh tulangan geser (f_y) : 240Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4. 1 Balok Induk yang Ditinjau

Direncanakan dimensi untuk Balok Induk BI 1 yaitu 50/70. Kontrol Perhitungan (**SNI 2847-2013 Tabel 9.5(a)**):

$$h \geq \frac{L}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{900}{16} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times 75$$

$$h \geq 54,64 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$h \approx 75 \text{ cm}$$

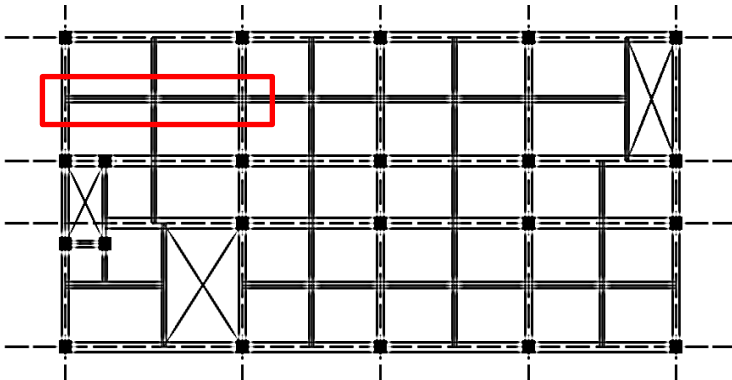
Sehingga dimensi 50/75 untuk Balok Induk BI 1 dapat digunakan.

4.2.1.2 Balok Anak

a. Data Perencanaan

- Tipe balok : BA 1
- Lokasi yang ditinjau : Lantai 2
- As balok : 3' [A-B]
- Bentang balok (L_{balok}) : 9 meter
- Kuat leleh tulangan geser (f_y) : 240Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4. 2 Balok Anak yang Ditinjau

d. Perhitungan Perencanaan

Direncanakan dimensi untuk Balok Anak BA I yaitu 35/50. Kontrol Perhitungan (**SNI 2847-2013 Tabel 9.5(a)**):

$$h \geq \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \qquad b = \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{900}{21} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \qquad b = \frac{2}{3} \times 75$$

$$h \geq 41,63 \text{ cm} \qquad h = 35 \text{ cm}$$

$$h \approx 50 \text{ cm}$$

Sehingga dimensi 35/50 untuk Balok Induk B1 dapat digunakan.

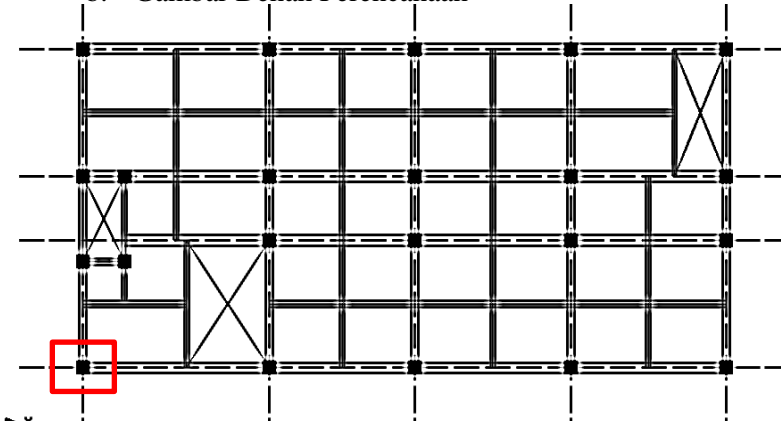
4.2.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan dan hasil gambar perencanaan dimensi kolom pada bangunan gedung kuliah Fakultas Teknik di Malang adalah sebagai berikut:

a. Data Perencanaan

- Tipe balok : K1
- Lokasi yang ditinjau : Lantai 2
- As kolom : A1
- Bentang balok (L_{balok}) : 9 meter
- Tinggi kolom (H_{kolom}) : 4 meter
- Dimensi balok (h_{balok}) : 75 cm
- Dimensi balok (b_{balok}) : 50 cm
- Kuat leleh tulangan geser (f_y) : 240Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4. 3 Kolom yang ditinjau

c. Ketentuan Perencanaan

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

Direncanakan dimensi untuk Kolom K1 yaitu 70/70

Dimana $h=b$ pada kolom

Kontrol Perhitungan:

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 50 \times 75^3}{900}$$

$$h = 55,33\text{cm}$$

$$h \approx 70\text{cm}$$

Sehingga dimensi 70/70 untuk Kolom K1 dapat digunakan.

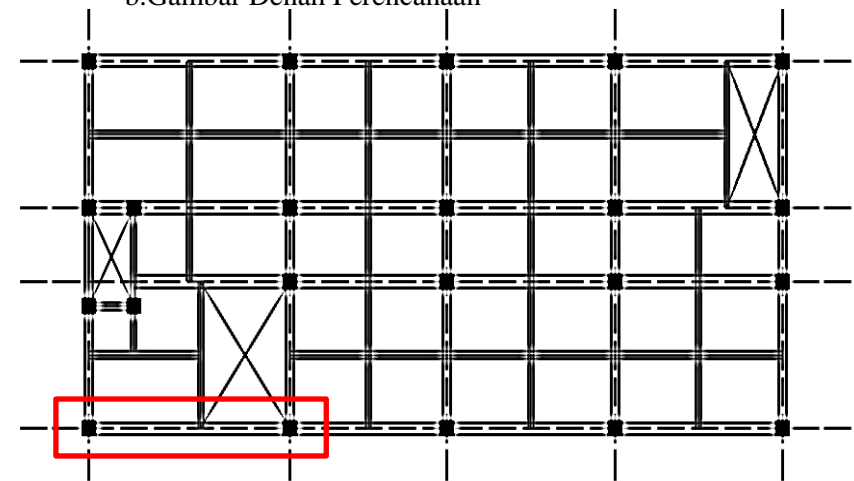
4.2.3 Perencanaan Dimensi Sloof

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan dan hasil gambar perencanaan dimensi sloof pada bangunan gedung kuliah Fakultas Teknik di Malang adalah sebagai berikut:

a. Data Perencanaan

- Tipe balok : BS 1
- Lokasi yang ditinjau : Lantai 1
- As kolom : 4 [A-B]
- Bentang sloof (L_{sloof}) : 9 meter
- Tinggi kolom (H_{kolom}) : 4 meter
- Dimensi kolom (h_{balok}) : 60 cm
- Dimensi kolom (b_{balok}) : 60 cm
- Kuat leleh tulangan geser (f_y) : 240Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4. 4 Sloof yang ditinjau

c. Ketentuan Perencanaan

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{sloof}}}{L_{\text{sloof}}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

Direncanakan dimensi untuk Sloof BS 1 yaitu 50/75

Kontrol Perhitungan (SNI 2847-2013 Tabel 9.5(a)) :

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{\text{kolom}}} \geq 4 \times \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{sloof}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H_{\text{kolom}}} \geq 4 \times \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times 70^4}{400} \geq 4 \times \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{900}$$

$$h = 75 \text{ cm}$$

Direncanakan $b = 2/3 h$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 75 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

Sehingga dimensi 50/75 untuk Kolom K1 dapat digunakan.

Kesimpulan :

Dari hasil perhitungan perencanaan diatas, maka dapat disimpulkan gedung ini menggunakan struktur dengan dimensi sebagai berikut :

1. Balok Induk : 50/75
2. Balok Anak : 35/50
3. Kolom : 70/70
4. Sloof : 50/75

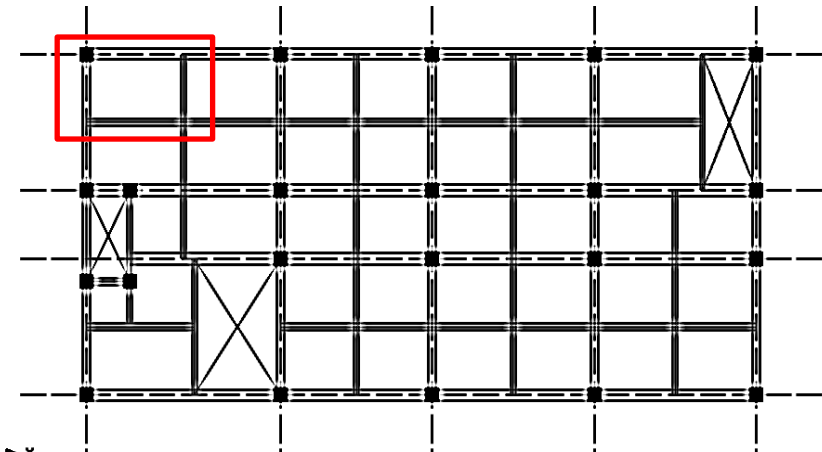
4.2.4 Perencanaan Dimensi Pelat

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan dan hasil gambar perencanaan dimensi pelat pada bangunan gedung kuliah Fakultas Teknik di Malang adalah sebagai berikut:

a. Data Perencanaan :

- Tipe Pelat : S1
- Kuat tekan beton (f_c') : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 450 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 300 cm
- Dimensi balok B1 : 50/75
- Dimensi balok B2 : 50/75
- Dimensi balok BA1 : 30/45
- Dimensi balok BA2 : 30/45

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4. 5 Pelat yang ditinjau (Tipe S1)

c. Perhitungan Perencanaan :

- Bentang Bersih Pelat Sumbu Panjang :

$$L_n = L_y - \left[\frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2} \right]$$

$$L_n = 450 - \left[\frac{50}{2} - \frac{30}{2} \right]$$

$$L_n = 410 \text{ cm}$$

- Bentang Bersih Pelat Sumbu Pendek :

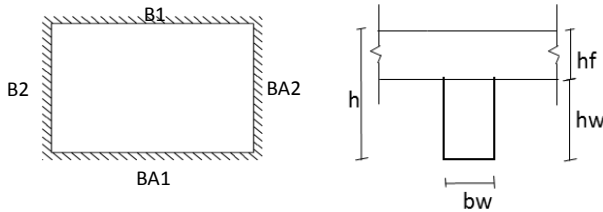
$$S_n = L_x - \left[\frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2} \right]$$

$$S_n = 300 - \left[\frac{50}{2} - \frac{30}{2} \right]$$

$$S_n = 260 \text{ cm}$$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek,

$$\beta_n = \frac{L_n}{S_n} = 1.577 > 2 \quad \text{Two Way Slab}$$



Gambar 4. 6 Penampang Pelat

○ **Tinjau Balok As Atas BI 1 As 4 [A-A'] (50/70)**

- Menentukan lebar efektif sayap balok-T

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

$$b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8hf$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2(h-t) \\ &= 50 + 2(75-12) \\ &= 176 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\
 &= 50 + (8 \times 12) \\
 &= 146 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 146 \text{ cm}$$

- Faktor Modifikasi (Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG G. SALMON 16.4.2.b)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \times \left(\frac{12}{75}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{75}\right) + 4\left(\frac{12}{75}\right)^2 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \times \left(\frac{12}{75}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \times \left(\frac{12}{75}\right)}$$

$$K = 1,51$$

- Momen Inersia Penampang-T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{t}$$

$$I_b = 1,51 \times 50 \times \frac{75^3}{12}$$

$$I_b = 2646079,6 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0,5(300 + 300) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 43200 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = 61,25$$

○ **Tinjau Balok As Bawah BA 1 As 3' [A-B']
(35/50)**

- Menentukan lebar efektif sayap balok-T
(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

$$b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2(h-t) \\ &= 35 + 2(50-12) \\ &= 111 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\ &= 35 + (8 \times 12) \\ &= 131 \text{ cm} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal} \\ &\quad \mathbf{13.2.4}) \end{aligned}$$

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 96 \text{ cm}$$

- Faktor Modifikasi (Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG G. SALMON 16.4.2.b)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{96}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{96}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{96}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 1,62$$

- Momen Inersia Penampang-T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{t}$$

$$I_b = 1,64 \times 35 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 591964,6 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0,5(300 + 300) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 43200 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_2 = 13,70$$

- **Tinjau Balok As Kiri BI 7 As A [3'-4] (50/70)**

- Menentukan lebar efektif sayap balok-T

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

$$b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8hf$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2(h-t) \\ &= 50 + 2(75-12) \\ &= 176 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\ &= 50 + (8 \times 12) \\ &= 146 \text{ cm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 146 \text{ cm}$$

- Faktor Modifikasi (Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG G. SALMON 16.4.2.b)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \times \left(\frac{12}{75}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{75}\right) + 4\left(\frac{12}{75}\right)^2 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \times \left(\frac{12}{75}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \times \left(\frac{12}{75}\right)}$$

$$K = 1,51$$

- Momen Inersia Penampang-T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{t}$$

$$I_b = 1,51 \times 50 \times \frac{75^3}{12}$$

$$I_b = 2646079,6 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0,5(450 + 450) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 64800 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_3 = 40,83$$

○ **Tinjau Balok As Kanan BA 1 As A'[3'-4]
(35/50)**

- Menentukan lebar efektif sayap balok-T

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

$$b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8hf$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h-t)$$

$$= 35 + 2(50-12)$$

$$= 111 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + (8 \times t)$$

$$= 35 + (8 \times 12)$$

$$= 131 \text{ cm} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal}$$

13.2.4)

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 111 \text{ cm}$$

- Faktor Modifikasi (Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG G. SALMON 16.4.2.b)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{96}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{96}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{96}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 1,62$$

- Momen Inersia Penampang-T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{t}$$

$$I_b = 1,64 \times 35 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 591964 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0,5(450 + 450) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 64800 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_4 = 9,14$$

- Dari keempat balok di atas didapatkan nilai rata-rata :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = 31,231 > 2$$

(Memenuhi)

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3(c))

$$t = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

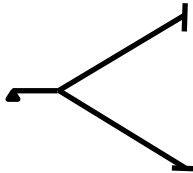
$$t = \frac{422,5\left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9 \times 1,577} \geq 90 \text{ mm}$$

$t = 90,6 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$ (Memenuhi)
Maka digunakan pelat dengan tebal $t = 120 \text{ mm}$

4.2.5 Perencanaan Dimensi Pelat

Permodelan struktur tangga ini menggunakan program SAP 2000. Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Perletakan : Jepit-Sendi-Jepit
2. Pembebanan : Dead Load (DL) dan Live Load (LL)
3. Kombinasi : $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
4. Distribusi : (*Uniform Shell Load*) untuk semua beban DL dan LL, besarnya sesuai dengan pembebanan tangga.



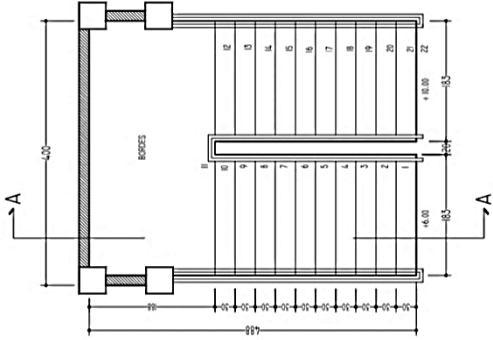
Gambar 4. 7 Mekanika perencanaan tangga

Dalam perencanaan ini, terdapat 4 macam tipe tangga yaitu tangga masuk depan, tangga utama, tangga darurat dan tangga belakang. Elevasi setiap tangga mempunyai ketinggian yang berbeda. Berikut akan dibahas perencanaan dimensi tangga utama dan kesimpulan untuk setiap tipe tangga. Adapun data-data dan perhitungan tangga dan bordes menurut metode SRPMM adalah sebagai berikut:

- a. Data-data Perencanaan
 - Tipe tangga : Tangga Utama
 - Panjang datar tangga : 300 cm
 - Tinggi tangga : 400 cm
 - Tinggi pelat bordes : 200 cm
 - Tebal pelat tangga : 15 cm

- Tebal pelat bordes : 15 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Tinggi tanjakan (t) : 18,2 cm

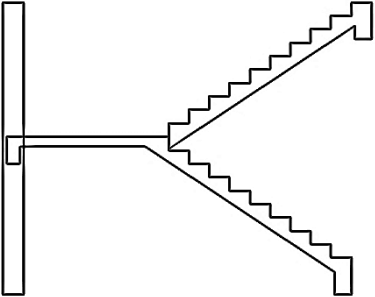
b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4. 8 Denah perencanaan Tangga Utama

c. Perhitungan Perencanaan

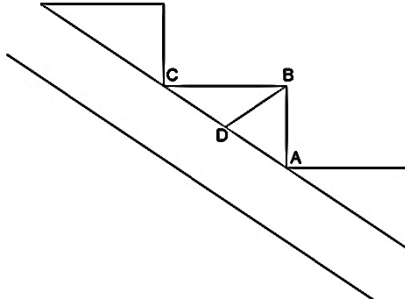
- Panjang miring tangga



Gambar 4. 9 Potongan tangga utama

$$\alpha = \sqrt{(3,00)^2 + (2,00)^2}$$
$$\alpha = 3,606 \text{ m}$$

- Panjang miring anak tangga



Gambar 4. 10 Potongan tangga utama (diperbesar)

$$\begin{aligned} AB &= 18,2 \text{ cm} \\ BC &= 30 \text{ cm} \\ AC &= \sqrt{(30)^2 + (18,2)^2} \\ AC &= 35,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Jumlah tanjakan (nt)
Tinggi bordes = 2 m = 200 cm
$$nt = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{tinggi tanjakan}} = \frac{400}{18,2} = 22 \text{ buah}$$
- Sudut kemiringan tangga
$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$
$$\alpha = \arctan \frac{18,2}{30}$$
$$\alpha = 31,24^\circ \approx 32^\circ$$
- Syarat sudut kemiringan
$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$
$$25^\circ \leq 34^\circ \leq 40^\circ$$
 (Memenuhi)

- Tebal plat ekuivalen

$$\frac{BD}{AB} = \frac{BC}{AC}$$

$$BD = \frac{BC \times AB}{AC}$$

$$BD = \frac{30 \times 18,2}{35,1}$$

$$BD = 15,6 \text{ cm}$$

$$\text{Tag} = \frac{2}{3} \times BD$$

$$= \frac{2}{3} \times 15,6$$

$$= 10,4 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$L\Delta 1 = L\Delta 2$$

$$\frac{1}{2} \times i \times t = \frac{1}{2} \times \sqrt{i^2 + t^2} \times d$$

$$273 \text{ cm}^2 = 17,5 \times d$$

$$\frac{1}{2} d = \frac{273}{17,5}$$

$$= 7,78 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat tangga

$$= 15 \text{ cm} + 7,78 = 23 \text{ cm}$$

d. Rekapitulasi Dimensi Tangga

Dengan perhitungan yang sama dilakukan perencanaan untuk setiap tipe tangga berikut hasil perhitungan dimensi tangga

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dimensi Setiap Tipe Tangga

Tipe	Tangga Masuk	Tangga Utama	Tangga Darurat	Tangga Belakang
Panjang Datar Dangga	660 cm	300 cm	300 cm	450 cm
Tinggi Tangga	300 cm	400 cm	400 cm	300 cm
Lebar Tangga	183 cm	183 cm	105 cm	135 cm
Panjang Bordes	400 cm	400 cm	248 cm	-
Tinggi Pelat Bordes	300 cm	200 cm	200 cm	-
Tebal Pelat Tangga	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
Tebal Pelat Bordes	15 cm	15 cm	15 cm	-
Lebar Injakan (i)	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm
Tinggi Tanjakan (t)	15 cm	18,2 cm	18,2 cm	20 cm
Panjang Miring Tangga	644,1 cm	360,6 cm	360,6 cm	549,3cm
Panjang Miring Anak Tangga	33,5 cm	35,1 cm	35,1 cm	35,9cm
Jumlah Tanjakan (nt)	20 buah	22 buah	22 buah	15 buah
Sudut kemiringan Tangga	27 ^o	32 ^o	32 ^o	34 ^o
Tebal Efektif Pelat Tangga	23 cm	23 cm	23 cm	23 cm

4.3 Perhitungan Struktur

4.3.1 Pembebanan Struktur

4.3.1.1 Pembebanan Pelat

Pembebanan struktur pelat merupakan komponen struktur sekunder dengan syarat mengalami kehancuran terlebih dahulu daripada komponen struktur primer. Dengan demikian komponen struktur pelat pada perencanaan tidak dimasukkan dalam permodelan SAP 2000, sehingga perhitungan komponen struktur pelat lantai atau pelat atap harus direncanakan, dibebankan, dan dihitung sendiri.

Pembebanan yang terdapat pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan SNI 1727-2013, ASCE 7 sebagai acuan SNI 1727-2013, serta brosur yang ada di pasaran. Struktur pelat merupakan salah satu komponen sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan menggunakan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1**, yaitu 1,2 DL + 1,6 LL.

➤ Beban Mati Pelat Lantai :

Berat pelat (12 cm)	= 0.12 m . 2400 kg/m ³	= 288 kg/m ²
Berat kramik (19mm) + spesi(2,5mm)		= 110 kg/m ²
Berat Penggantung Plafon		= 10 kg/m ²
Berat plafond Kalsi 3		= 8,6 kg/m ²
Berat perpipaan air		= 25 kg/m ²
Instalasi listrik, AC, dll		= <u>19 kg/m²</u>
q DL		= 460,6 kg/m ²

➤ Beban Mati Pelat Atap :

Berat pelat (12 cm)	= 0.12 m . 2400 kg/m ³	= 288 kg/m ²
Berat waterproofing membrane		= 7 kg/m ²
Berat Penggantung Plafon		= 10 kg/m ²
Berat perpipaan air		= 25 kg/m ²
Instalasi listrik, AC, dll		= <u>19 kg/m²</u>
q DL		= 349 kg/m ²

- **Beban Hidup:**
 - Beban hidup (Ruang kelas) = 192 kg/m²
 - Beban hidup (Koridor lantai 1) = 383 kg/m²
 - Beban hidup (Koridor diatas lantai 1) = 479 kg/m²
 - Beban hidup lantai atap = 96 kg/m²
 - Beban hujan (atap) = 20 kg/m²

4.3.1.2 Pembebanan Tangga

Pembebanan pada tangga terdapat pada komponen struktur yang disesuaikan dengan SNI 1727-2013 tidak berbeda jauh dengan pembebanan pelat lantai ataupun pelat atap. Karena struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1**, yaitu 1,2 DL + 1,6 LL.

- **Beban Mati Pada Pelat Tangga:**
 - Berat pelat (15 cm) = 0.15 m x 2400 kg/m³ = 360 kg/m²
 - Berat kramik (19mm) + spesi(2,5mm) = 110 kg/m²
 - Berat railing = 10 kg/m²
 - q DL = 672 kg/m²
- **Beban Mati Pada pelat Bordes:**
 - Berat pelat (15 cm) = 0.15 m x 2400 kg/m³ = 360 kg/m²
 - Berat kramik (19mm) + spesi(2,5mm) = 110 kg/m²
 - Berat railing = 10 kg/m²
 - q DL = 480 kg/m²
- **Beban Hidup:**
 - Tangga dan bordes = 479 kg/m²
 - q LL = 479 kg/m²

4.3.1.3 Pembebanan Dinding

Struktur dinding dibebankan/didistribusikan pada komponen yang berada di atas sisi komponen balok, komponen struktur dinding tidak dimasukkan dalam permodelan SAP 2000 sehingga. Pendistribusian beban komponen struktur dinding ke komponen balok merupakan distribusi beban tetap (beban mati).

Dikarenakan beban pada komponen dinding yaitu luasan, sedangkan beban pada komponen balok merupakan beban merata, sehingga beban harus dikonversikan ke beban balok. Pembebanan yang ada pada komponen struktur dinding disesuaikan dengan brosur pasaran, tinggi bangunan dan panjang dinding sebagai berikut:

- **Beban Dinding**

Bata ringan Citicon ($60\text{kg/m}^3 \times 0,1\text{m}$)	= 60 kg/m^2
Plester D200 ($(20\text{kg/m}^2/10\text{mm}) \times 20\text{mm}$)	= 40 kg/m^2
Acian NP S540 ($(3\text{kg/m}^2/2\text{mm}) \times 5\text{mm}$)	= $7,5 \text{ kg/m}^2$
	= $107,5 \text{ kg/m}^2$
- **Tinggi Dinding Tiap Lantai**

➤ Lantai 1 (H1)	= 3 m
➤ Lantai 2 (H2)	= 4 m
➤ Lantai 3 (H3)	= 4 m
➤ Lantai 4 (H4)	= 4 m
➤ Lantai 5 (H5)	= 4 m
➤ Lantai 6 (H6)	= 4 m
➤ Lantai atap (H7)	= 2,5 m
- **Perhitungan**

➤ Beban merata lantai 1	= $H1 \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
	= $3 \text{ m} \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
	= $322,5 \text{ kg/m}$
➤ Beban merata lantai 2	= $H2 \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
	= $4 \text{ m} \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
	= 430 kg/m

- Beban merata lantai 3 = $H3 \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= $4 \text{ m} \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= 430 kg/m
- Beban merata lantai 4 = $H4 \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= $4 \text{ m} \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= 430 kg/m
- Beban merata lantai 5 = $H5 \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= $4 \text{ m} \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= 430 kg/m
- Beban merata lantai 6 = $H6 \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= $4 \text{ m} \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= 430 kg/m
- Beban merata lantai Atap = $H7 \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= $2,5 \text{ m} \times 107,5 \text{ kg/m}^2$
= 268,75 kg/m

Catatan : pada permodelan SAP 2000, beban dinding ditambahkan pada balok-balok dan pelat tertentu, yaitu pada daerah yang terkena beban dinding atau penyekat ruangan.

4.3.1.4 Pembebanan Kolom

Beban pada kolom berupa beban angin secara vertikal dengan pembeda jenis input yakni angin datang, angin pergi, dan angin tepi. Beban angin pada kolom diinputkan pada SAP 2000, disesuaikan dengan arah dominan datangnya angin untuk wilayah Malang. Hal yang berpengaruh untuk beban angin selain arah adalah tekanan angin dan panjang dinding diantara kolom. Dalam hal ini beban angin disimbolkan dengan W yang didapat dari perhitungan berikut:

1. Kategori Risiko Bangunan

Berdasarkan Tabel 2.1, Gedung kuliah fakultas teknik di Malang termasuk dalam kategori risiko IV yaitu fasilitas pendidikan.

2. Kecepatan Angin Dasar (V)
Berdasarkan BMKG Jawa Timur pada 05 Oktober 2016, kecepatan angin tertinggi ialah 9,72 m/s atau 35 km/jam dengan arah angina dominan untuk wilayah Malang adalah Selatan.

3. Parameter Beban Angin
 - Faktor Arah Angin (Kd)
Berdasarkan tabel 2.9, didapat Kd sebesar 0,85
 - Kategori Eksposur
Bangunan gedung kuliah fakultas Teknik di malang yang terdiri dari 6 lantai termasuk kategori eksposur B
 - Faktor Topografi (Kzt)
Dengan rumus

$$Kzt = (1+K_1K_2K_3)^2$$
 dan $K_1K_2K_3$ berdasarkan tabel 2.10, akan tetapi kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi kondisi yang disyaratkan, sehingga Kzt dipakai sebesar 1
 - Faktor Efek Tiupan Angin (G)
Faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85
 - Klasifikasi Ketertutupan
Gedung kuliah fakultas Teknik di malang 6 lantai ini terklasifikasikan sebagai bangunan tertutup
 - Koefisien Tekanan Internal (GCpi)
Karena bangunan terklasifikasikan sebagai bangunan tertutup, maka sesuai table 2.11 GCpi gedung tersebut sebesar $\pm 0,18$

4. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas (Kz atau Kh)
Untuk ketinggian 25,5 m, berdasarkan tabel 2.12 maka nilai α adalah 7 dan Z_g 365,76 m. Berdasarkan interpolasi nilai dan rumus pada tabel 2.13, didapat Kz sebesar 0,939 dan Kh sebesar 0,94

5. Tekanan Velositas (q atau q_h)

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V_z^2 (N/m^2); V \text{ dalam m/s}$$

di mana:

K_d = faktor arah angin

K_z = koefisien eksposur tekanan velositas

K_{zt} = faktor topografi tertentu

V = kecepatan angin dasar

q_z = tekanan velositas dihitung pada ketinggian z

q_h = tekanan velositas dihitung pada ketinggian atap rata-rata h

sehingga, q_z didapat sebesar $46,25 \text{ N/m}^2$ dan q_h

sebesar $46,63 \text{ N/m}^2$

6. Koefisien Tekanan Eksternal, C_p atau C_n

Berdasarkan gambar 4.2.1.1, didapat L sebesar 15 m dan B sebesar 31 m. L/B didapat 0,48, sehingga koefien C_p yang digunakan pada dinding sesuai arah angin adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Koefisien Tekanan Dinding (C_p)

Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	0.48	0.8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0.48	- 0.5	q_h
Dinding tepi	0.48	- 0.7	q_h

7. Tekanan Angin (ρ)

$$\rho = q G C_p - q_i (q G C_{pi})$$

Berikut perhitungan besar tekanan angin

Tabel 4. 6 Tekanan Angin

Permukaan	Digunakan dengan			ρ
Dinding di sisi angin datang	qz =	4.63	kg/m ²	3.15 kg/m ²
Dinding di sisi angin pergi	qh =	4.63	kg/m ²	- 1.97 kg/m ²
Dinding tepi	qh =	4.63	kg/m ²	- 2.76 kg/m ²

8. Distribusi Beban Angin

Distribusi sesuai panjang dinding diantara kolom dan input di SAP 2000 hanya kolom terluar saja yang terkena distribusi beban. Berikut distribusi beban angina pada kolom:

Tabel 4. 7 Distribusi Beban Angin

AS	ρ		Panjang Dinding	Arah	Beban	
1	A	AT	2.76	4.5	Masuk	12.409
	B	AD	3.15	8	Masuk	25.161
	C	AD	3.15	7.25	Masuk	22.802
	D	AD	3.15	7.5	Masuk	23.589
	E	AT	2.76	3.75	Masuk	10.341
1'	A	AP	1.97	3.5	Keluar	6.894
2	E	AP	1.97	4.5	Keluar	8.863
3	A	AP	1.97	4	Keluar	7.879
	E	AP	1.97	4.5	Keluar	8.863

Tabel 4. 8 (Lanjutan) Distribusi Beban Angin

AS	ρ			Panjang Dinding	Arah	Beban
4	A	AT	2.76	4.5	Keluar	12.409
	B	AP	1.97	8	Keluar	15.757
	C	AP	1.97	7.25	Keluar	14.280
	D	AP	1.97	7.5	Keluar	14.772
	E	AT	2.76	3.75	Keluar	10.341
A	1	AT	2.76	3	Keluar	8.273
	4	AT	2.76	3	Keluar	8.273
E	1	AT	2.76	3	Keluar	8.273
	4	AT	2.76	3	Keluar	8.273

4.3.1.5 Pembebanan Gempa

Gedung kuliah fakultas teknik di Malang, berlokasi di di Jalan MT. Haryono No.167 Lowokwaru, Malang merupakan bangunan 6 lantai. Pada perhitungan beban gempa struktur, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, termasuk pengecekan terhadap kategori gedung tersebut.

Statik Ekuivalen Gempa Rencana

Data-data untuk keperluan input pembebanan statik mengacu pada SNI 03-1726-2012 sebagai berikut:

1. Klasifikasi Situs

Jenis kategori tanah dalam pasal 5.3 SNI 03-1726-2012 dibedakan menjadi batuan keras, batuan, tanah keras, sedang, lunak, dan khusus. Jenis tanah yang digunakan merupakan Tanah Sedang berdasarkan perhitungan menggunakan perhitungan data tanah SPT seperti berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{ni}}$$

Tabel 4. 9 Perhitungan Klasifikasi Situs

d	di	Ni	di/Ni
d1	3	9	0.33
d2	3	7	0.43
d3	3	21	0.14
d4	3	44	0.07
d5	3	60	0.05
d6	3	60	0.05
d7	3	60	0.05
d8	3	60	0.05
Σ	24		1.17

$$\bar{N} = 20,46$$

Berdasarkan Tabel 2.3, apabila nilai $\bar{N}=20,46$ maka tergolong dalam situs SD (tanah sedang) karena $1 > \bar{N} > 50$.

2. Faktor Percepatan Batuan Dasar (S_s , S_1)

Parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_s (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 10 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 10 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Nilai $S_s = 0,3$ dan $S_1 = 0,1$ berdasarkan Peta Hazard Indonesia.

3. Faktor Koefisien Situs (F_a , F_v) dan Parameter Respon (S_{MS} , S_{M1})

Nilai F_a dan F_v ditentukan dengan menggunakan cara interpolasi yang ditentukan berdasarkan pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) = 1,56

Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v) = 2,40

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) = $F_a \times S_s = 1,56 \times 0,3 = 0,47$

Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) = $F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,1 = 0,24$

4. Parameter Percepatan Desain (S_{d1} , S_{ds}) sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, $S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,47 = 0,31$

Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik, $S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,24 = 0,16$

5. Faktor Keutamaan Gempa (I)

Sesuai dengan Tabel 2.1, Gedung ini termasuk dalam kategori risiko IV dan berdasarkan Tabel 2.2 Kategori risiko IV memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,5.

6. Menentukan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Parameter Struktur (nilai R, dan C_d)

Gedung ini direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) beton bertulang, sehingga berdasarkan Tabel 2.8 sesuai SNI 1726-2012 dibawah ini didapatkan nilai faktor reduksi gempa $R=5$, $C_d=4,5$, $\Omega_0 = 3$

7. Menentukan Berat Per Lantai (W)

Tabel 4. 10 Beban Total Setiap Lantai

Lantai	Beban Mati	Beban Hidup	B Mati Tangga	B Hidup Tangga	Σ
Lantai 0	14736	0	0	0	14736.00
Lantai 1	206014.00	108493.5	16536	7258.77	338301.98
Lantai 2	621813.74	86749.5	19854	14517.53	742935.25
Lantai 3	598054.29	86749.5	19854	14517.53	719175.80
Lantai 4	646872.49	86749.5	19854	14517.53	767994.00
Lantai 5	624512.49	86749.5	19854	14517.53	745634.00
Lantai 6	616342.49	86749.5	19854	14517.53	737464.00
Lt. Atap	482078.66	21744	9927	7258.77	521008.67
Rooftop	321426.00	14880	0	0	336306.00
Σ	4117114.17	563985.00	125735.35	87105.19	4923555.71

8. Menentukan Beban Geser Dasar Seismik (V)

$$V = C_s \times W_t$$

Dimana nilai $C_s = 0,066$

Maka nilai V

$$\begin{aligned} V &= 0,066 \times 4688451,71 \text{ kg} \\ &= 309437,81 \text{ kg} \end{aligned}$$

9. Menentukan Titik Berat Bangunan

Titik berat Bangunan setiap lantai ditentukan dari posisi atau jarak horizontal maupun vertikal titik berat setiap komponen kolom, balok, sloof, pelat serta dinding yang ditinjau dari titik (0,0) yang telah ditentukan.

- Total W.x dan W.y setiap lantai
- $X_a = W.x/W$
- $Y_a = W.y/W$

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Letak Titik Berat

Lantai Ke	Berat (W)	W.x	W.y	Xa	Ya
	(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)	(m)	(m)
Lantai 0	86688,0	1280328	602700	14,76938	6,9525194
Lantai 1	284815,5	4611661	2094137	16,191749	7,3526085
Lantai 2	511635,5	7934347	3912343	15,507812	7,6467392
Lantai 3	505185,5	7864383	4004456	15,567317	7,9267037
Lantai 4	507335,5	7803937	3947645	15,382202	7,7811320
Lantai 5	416928,0	6481902	3175902	15,546814	7,6173872
Lantai 6	485405,5	7627046	3717218	15,712730	7,6579648
Lt. Atap	393624,0	6154824	2969874	15,636303	7,5449515
Rooftop	282450,0	4900890	2110680	17,351354	7,4727562

10. Menentukan Pusat Kekakuan Bangunan

Pusat kekakuan Bangunan adalah hasil kali letak kolom atau jarak x,y ditinjau dari titik (0,0) dan luas kolom.

Tabel 4. 12 Pusat Kekakuan Bangunan

Xa	Ya
(m)	(m)
14.46154	7.38889

11. Menentukan Eksentrisitas

Pasal 5.4.3 Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus di tinjau suatu eksentrisitas rencana ed. Apabila ukuran horisontal terbesar denah struktur geung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa, dinyatakan dengan b maka

eksentrisitas rencana ed harus di tentukan sebagai berikut:

Eksentrisitas = Pusat Massa – Pusat Kekakuan

Tabel 4. 13 Eksentrisitas Bangunan

Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		eksentrisitas	
	arah x (m)	arah y (m)	arah x (m)	arah y (m)	arah x (m)	arah y (m)
0	14.77	6.95	14.46	7.39	0.31	0.44
1	16.19	7.35	14.46	7.39	1.73	0.04
2	15.51	7.65	14.46	7.39	1.05	0.26
3	15.57	7.93	14.46	7.39	1.11	0.54
4	15.57	7.78	14.46	7.39	1.11	0.39
5	15.55	7.62	14.46	7.39	1.09	0.23
6	15.71	7.66	14.46	7.39	1.25	0.27
Atap	15.64	7.54	14.46	7.39	1.17	0.16
Rooftop	17.35	7.47	14.46	7.39	2.89	0.08

12. Gaya Gempa Perlantai

$$Wh^k = Wi \times hi^k$$

$$fi = \frac{Wh^k}{\sum Wh^k} \times V$$

$$Mx = fi \times ex$$

$$My = fi \times ey$$

Tabel 4. 14 Gaya Gempa Perlantai

Lantai	Wi	hi	Wh ^k	Wh ^k	fi	ex	ey	Mx	My
Ke-	(kg)	(m)	(kgm)	ΣWh ^k	(kg)			(kgm)	(kgm)
0	14736.00	0	0	0	0	0.31	0.44	0.00	0.00
1	338301.98	1	338301.98	0.002945	956.88	1.73	0.04	1655.61	34.72
2	742935.25	4	3894149.83	0.033896	11014.57	1.05	0.26	11524.24	2840.11
3	719175.80	8	8630333.97	0.075121	24410.82	1.11	0.54	26992.95	13128.50
4	767994.00	12	14961647.50	0.130230	42318.87	1.11	0.39	46795.30	16599.29
5	745634.00	16	20485618.69	0.178312	57943.37	1.09	0.23	62884.52	13239.96
6	737464.00	20	26452801.43	0.230252	74821.49	1.25	0.27	93616.05	20132.66
Atap	521008.67	24	23237927.03	0.202269	65728.25	1.17	0.16	77215.20	10257.72
Roof top	336306.00	26.5	16885480.94	0.146976	47760.42	2.89	0.08	138018.81	4005.54
Σ	4923555.71		1.14886E+08		324954.7			458702.68	80238.50

13. Gaya Gempa Perkolom Perlantai

$$x \cdot R = \frac{\sum A}{\sum x \cdot A}$$

$$y \cdot R = \frac{\sum A}{\sum y \cdot A}$$

$$x' = x - x \cdot R$$

$$y' = y - y \cdot R$$

$$F_x = \left(\frac{f_i}{\sum \text{kolom}} \right) + \left(\frac{M_x \cdot x'}{\sum y'^2} \right)$$

$$F_y = \left(\frac{f_i}{\sum \text{kolom}} \right) + \left(\frac{M_y \cdot y'}{\sum x'^2} \right)$$

Tabel 4. 15 Gaya Gempa Perkolom Perlantai

No	Type	As	Jarak		Lantai 0		Lantai 1		Lantai 2		Lantai 3		Lantai 4		Lantai 5		Lantai 6		Lantai 7		Rendop			
			(X) (mm)	(Y) (mm)	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy
1	Kolom 60/60	A1	-2,0	-2,0	0	0	14,01	39,80	278,92	452,82	595,47	988,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Kolom 60/60	A*1	-4,0	-4,0	0	0	10,38	39,78	253,70	451,33	586,39	981,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Kolom 60/60	B	9,0	-4,0	0	0	33,94	39,78	417,65	451,33	920,41	981,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Kolom 60/60	3	-4,0	9,0	0	0	10,38	39,90	253,70	460,00	590,60	1026,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Kolom 60/60	A1	0,0	0,0	0	0	17,63	39,81	304,15	458,30	684,55	995,68	1134,74	1736,18	1569,65	2392,69	1860,12	3084,69	1860,12	3084,69	1701,53	2721,93	-	-
6	Kolom 60/60	B1	9,0	0,0	0	0	33,94	39,81	417,65	454,30	920,41	995,68	1595,65	1736,18	2189,01	2392,69	2782,16	3084,69	2782,16	3084,69	2462,03	2721,93	1109,34	1981,01
7	Kolom 60/60	C1	16,0	0,0	0	0	46,62	39,81	505,95	458,30	1127,19	995,68	1984,10	1736,18	2670,73	2392,69	3499,30	3084,69	3499,30	3084,69	2721,93	2992,34	1981,01	1981,01
8	Kolom 60/60	D1	23,5	0,0	0	0	60,21	39,81	600,52	458,30	1348,73	995,68	2338,18	1736,18	3186,86	2392,69	4267,66	3084,69	4267,66	3084,69	2721,93	5009,84	1981,01	1981,01
9	Kolom 60/60	E1	31,0	0,0	0	0	73,80	39,81	695,11	454,30	1570,28	995,68	2722,26	1736,18	3702,99	2392,69	5163,65	3084,69	5163,65	3084,69	2721,93	7027,34	1981,01	1981,01
10	Kolom 60/60	B2	9,0	6,0	0	0	33,94	39,87	417,65	458,76	920,41	1016,31	1595,65	1762,26	2189,01	2413,49	2782,16	3116,32	3084,69	2782,16	2462,03	2738,04	1109,34	1989,68
11	Kolom 60/60	C2	16,0	6,0	0	0	46,62	39,87	505,95	458,76	1127,19	1016,31	1984,10	1762,26	2670,73	2413,49	3492,30	3116,32	3084,69	2413,49	2738,04	2992,34	1989,68	1989,68
12	Kolom 60/60	D2	23,5	6,0	0	0	60,21	39,87	600,52	458,76	1348,73	1016,31	2338,18	1762,26	3186,86	2413,49	4267,66	3116,32	3084,69	2413,49	2738,04	5009,84	1989,68	1989,68
13	Kolom 60/60	E2	31,0	6,0	0	0	73,80	39,87	695,11	458,76	1570,28	1016,31	2722,26	1762,26	3702,99	2413,49	5163,65	3116,32	3084,69	2413,49	2738,04	7027,34	1989,68	1989,68
14	Kolom 60/60	B3	9,0	9,0	0	0	33,94	39,90	417,65	461,00	920,41	1026,62	1595,65	1775,30	2189,01	2423,89	2782,16	3132,13	3084,69	2782,16	2462,03	2746,10	1109,34	1994,01
15	Kolom 60/60	C3	16,0	9,0	0	0	46,62	39,90	505,95	461,00	1127,19	1026,62	1984,10	1775,30	2670,73	2423,89	3499,30	3132,13	3084,69	2423,89	2746,10	2992,34	1994,01	1994,01
16	Kolom 60/60	D3	23,5	9,0	0	0	60,21	39,90	600,52	461,00	1348,73	1026,62	2338,18	1775,30	3186,86	2423,89	4267,66	3132,13	3084,69	2423,89	2746,10	5009,84	1994,01	1994,01
17	Kolom 60/60	E3	31,0	9,0	0	0	73,80	39,90	695,11	461,00	1570,28	1026,62	2722,26	1775,30	3702,99	2423,89	5163,65	3132,13	3084,69	2423,89	2746,10	7027,34	1994,01	1994,01
18	Kolom 60/60	A4	0,0	15,0	0	0	17,63	39,95	304,15	465,46	1047,24	1047,24	1801,38	1801,38	1569,65	2444,69	1860,12	3163,76	1701,53	2762,22	-	-	-	-
19	Kolom 60/60	B4	9,0	15,0	0	0	33,94	39,95	417,65	465,46	920,41	1047,24	1595,65	1801,38	2189,01	2444,69	2782,16	3163,76	1701,53	2762,22	-	-	-	-
20	Kolom 60/60	C4	16,0	15,0	0	0	46,62	39,95	505,95	465,46	1127,19	1047,24	1984,10	1801,38	2670,73	2444,69	3499,30	3163,76	1701,53	2762,22	-	-	-	-
21	Kolom 60/60	D4	23,5	15,0	0	0	60,21	39,95	600,52	465,46	1348,73	1047,24	2338,18	1801,38	3186,86	2444,69	4267,66	3163,76	1701,53	2762,22	-	-	-	-
22	Kolom 60/60	E4	31,0	15,0	0	0	73,80	39,95	695,11	465,46	1570,28	1047,24	2722,26	1801,38	3702,99	2444,69	5163,65	3163,76	1701,53	2762,22	-	-	-	-
23	Kolom 50/50	A1	0,0	5,0	0	0	17,63	39,86	304,15	458,02	1023,87	1134,74	1757,92	1569,65	2410,02	1860,12	3111,05	1701,53	2753,56	-	-	-	-	-
24	Kolom 50/50	A1*	2,0	5,0	0	0	21,26	39,86	329,37	459,02	1013,87	1237,16	1757,92	1707,28	2410,02	2065,02	3111,05	1701,53	2753,56	-	-	-	-	-
25	Kolom 50/50	A2*	0,0	7,0	0	0	17,63	39,88	304,15	458,55	1019,74	1134,74	1766,61	1569,65	2416,96	1860,12	3121,59	1701,53	2740,33	-	-	-	-	-
26	Kolom 50/50	A2*	2,0	7,0	0	0	21,26	39,88	329,37	459,51	1013,87	1237,16	1766,61	1707,28	2416,96	2065,02	3121,59	1701,53	2740,33	-	-	-	-	-
27	Kolom 50/50	A3	0,0	9,0	0	0	17,63	39,90	304,15	461,00	684,55	1026,62	1134,74	1775,30	1569,65	2423,89	1860,12	3132,13	1701,53	2746,10	-	-	-	-
28	Kolom 50/50	A3	2,0	9,0	0	0	21,26	39,90	329,37	461,00	713,63	1026,62	1237,16	1775,30	1707,28	2423,89	2065,02	3132,13	1701,53	2746,10	-	-	-	-

14. Input Pada SAP 2000

Setelah didapatkan gaya gempa per kolom, maka gaya gempa tersebut diinputkan ke dalam program SAP 2000 dan diletakkan pada joint-joint .

4.4 Perencanaan Dimensi dan Tulangan Pelat

4.4.1 Perencanaan Pelat

Pelat/slab adalah bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Dalam desain, gaya-gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu arah dan dua arah. Jika perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya dua kali lebar atau lebih, maka semua beban lantai menuju balok sebagian kecil akan menyalur secara langsung ke gelagar. Sehingga pelat dapat direncanakan sebagai pelat satu arah (*one way slab*), dengan tulangan utama sejajar dengan gelagar dan tulangan susut dan suhu yang sejajar dengan balok-balok. Sedangkan bila perbandingan bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya kurang dari dua, maka seluruh beban lantai menyebabkan permukaan lendutan pelat menyebabkan kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung disekelilingnya, dengan demikian, pelat tersebut dapat didefinisikan sebagai pelat dua arah (*two way slab*), dengan tulangan utama dipasang dua arah yaitu searah sumbu x dan sumbu y, sedangkan tulangan susut dan tulangan suhu dipasang mengitari pelat tersebut. (*Desain Beton Bertulang, oleh C.K. Wang dan C.G. Salmon Bab 16*).

Pelat direncanakan menerima beban berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1, kombinasi pembebanan yang digunakan adalah:

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL$$

Dimana:

U = beban ultimate pelat

DL = beban mati pelat

LL = beban hidup pelat

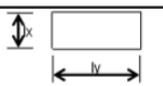
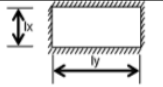
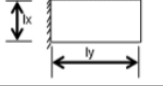
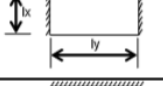
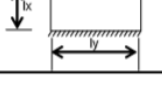
Dari buku C.K Wang dan C.G. Salmon jilid 2 halaman 135 terdapat persyaratan mengenai perletakan pelat, yaitu:

- $\alpha_m \leq 0,375$ = sebagai pelat tanpa balok tepi

- $0,375 \leq \alpha_m \leq 1,875 =$
sebagai pelat dengan balok tepi yang fleksibel
- $\alpha_m > 1,875 =$ sebagai pelat tanpa balok tepi yang kaku

Berdasarkan perencanaan tebal pelat $\alpha_m=12\text{cm}$, maka asumsi perletakan pelat lantai dan pelat atap adalah jepit penuh. Dimana dalam menganalisa gaya-gaya dalam yang terjadi pada pelat menggunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBBI 1971)

Tabel 4. 16 Momen pada pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban terbagi rata

		l_y/l_x	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	>2.5	
I		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25	
II		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
III		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	122	125
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79
IVA		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125	
IVB		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83

Sumber: PBBI 1971 Pasal 13.3 Tabel 13.3.(1) halaman 202

Dikarenakan pelat yang direncanakan terjepit penuh oleh balok pada keempat sisinya sehingga pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBBI 1971) Pasal 13.3 Tabel 13.3.(1) pelat termasuk dalam tipe II dimana persamaan gaya dalam momen yang digunakan adalah sebagai berikut:

- $M_{tx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$

- $M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot X$
- $M_{ty} = +0,001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot X$
- $M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot X$

Dimana:

- M_{tx} = Momen tumpuan arah x
- M_{lx} = Momen lapangan arah x
- M_{ty} = Momen tumpuan arah y
- M_{ly} = Momen lapangan arah y
- X = koefisien (Tabel 4.16)

4.4.1.1 Pembebanan Pelat

1. Pembebanan Pelat Lantai (S1)

Beban Mati Pelat Lantai :

Berat pelat (12 cm)	$= 0.12 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
Berat kramik (19mm) + spesi(2,5mm)	$= 110 \text{ kg/m}^2$
Berat Penggantung Plafon	$= 10 \text{ kg/m}^2$
Berat plafond Kalsi 3	$= 8,6 \text{ kg/m}^2$
Berat perpipaan air	$= 25 \text{ kg/m}^2$
Instalasi listrik, AC, dll	$= 19 \text{ kg/m}^2$
q DL	$= 460,6 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup:

Beban hidup lantai	$= 383 \text{ kg/m}^2$
--------------------	------------------------

Beban Ultimate:

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2 \text{ (DL)} + 1,6 \text{ (LL)} \\
 &= 1,2 (460,6 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (383 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 1165,52 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Pembebanan Pelat Lantai (S2)

Beban Mati Pelat Lantai :

Berat pelat (12 cm)	$= 0.12 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
Beban dinding	$= 430 \text{ kg/m}^2$
Berat kramik (19mm) + spesi(2,5mm)	$= 110 \text{ kg/m}^2$
Berat Penggantung Plafon	$= 10 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat plafond Kalsi 3} &= 8,6 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat perpipaan air} &= 25 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Instalasi listrik, AC, dll} &= \underline{19 \text{ kg/m}^2} \\
 \text{q DL} &= 787,6 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Hidup:} & \\
 \text{Beban hidup lantai} &= 383 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Ultimate:

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2 (\text{DL}) + 1,6 (\text{LL}) \\
 &= 1,2 (787,6 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (383 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 1557,92 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

3. Pembebanan Pelat Atap dan Rooftop (S3)

Beban Mati Pelat Atap :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat (12 cm)} &= 0.12 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat waterproofing membrane} &= 7 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat Penggantung Plafon} &= 10 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat perpipaan air} &= 25 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Instalasi listrik, AC, dll} &= \underline{19 \text{ kg/m}^2} \\
 \text{q DL} &= 349 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Hidup:} & \\
 \text{Beban hidup atap datar} &= 96 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Ultimate:

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2 (\text{DL}) + 1,6 (\text{LL}) \\
 &= 1,2 (349 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (96 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 572,40 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4.4.1.2 Perhitungan Penulangan Pelat

1. Perhitungan Penulangan Pelat Lantai (S1)

a. Data Perencanaan

Tipe Pelat	= S1
As Pelat	= 3'-4;A-A'
Mutu Beton (f_c')	= 30 MPa
Mutu Baja (f_y)	= 400 MPa
Mutu Baja (f_{ys})	= 240 MPa
Tebal pelat	= 120 mm
Selimit beton	= 20 mm
	<i>(SNI 2847:2013 pasal 7.7)</i>
Ø Tulangan lentur	= 10 mm
Ø Tulangan susut	= 8 mm
β	= 0,85
ϕ	= 0,8
Bentang pelat sumbu panjang (L_y)	= 450 cm
Bentang pelat sumbu pendek (L_x)	= 300 cm

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pada pelat:

$$\frac{L_y}{L_x} = 1,50 \leq 2 \quad (\text{Two Way Slab})$$

b. Momen Pada Pelat

Koefisien momen untuk pelat lantai tipe S1 450 x 300 adalah :

Nilai C_{lx}	= 36
Nilai C_{ly}	= 17
Nilai C_{tx}	= 76
Nilai C_{ty}	= 57

Tulangan Lapangan (Momen Positif)

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= +0.001 \cdot 1165,52 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 36 \\ &= 377,628 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mly &= +0.001 \cdot q \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= +0.001 \cdot 1165,52 \text{kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 17 \\
 &= 178,325 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Tulangan Lapangan (Momen Positif)

$$\begin{aligned}
 Mtx &= +0.001 \cdot q \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= +0.001 \cdot 1165,52 \text{kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 76 \\
 &= 797,216 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mty &= +0.001 \cdot q \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= +0.001 \cdot 1165,52 \text{kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 57 \\
 &= 597,912 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Tebal Manfaat Pelat

$$\begin{aligned}
 dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} \right) \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} \right) \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Tulangan Minimum Dan Maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,03251$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,69$$

e. Tulangan Lapangan Arah X

$$Mlx = 377,628 \text{ kgm} = 3776285 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mlx}{\theta} = \frac{3776285}{0,8} = 4720356 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{4720356}{1000 \times 95^2} = 0,523$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,523}{400}} \right)$$

$$= 0,0013$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$
 $0,0035 > 0,0013 < 0,0244$ **(Tidak Oke)**

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0013 = 0,0017$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0017 \times 1000 \times 95$$

$$= 163,177 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\text{Ø}10 \text{ mm}$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{163,177}$$

$$= 481,317 \text{ mm}$$

$S = 481,317 \text{ mm} > 240 \text{ mm}$ **(Tidak Oke)**

Maka S pakai = 200 mm

Maka tulangan yang dipakai Ø10-200

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As perlu
 $392,7 \text{ mm}^2 > 163,177 \text{ mm}^2$ (Oke)

f. Tulangan Lapangan Arah Y

$$Mly = 178,325 \text{ kgm} = 1783246 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mly}{\theta} = \frac{1783246}{0,8} = 2229057 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2229057}{1000 \times 85^2} = 0,309$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,309}{400}} \right) \\ &= 0,0008 \end{aligned}$$

Syarat : $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$
 $0,0035 > 0,0008 < 0,0244$ (Tidak Oke)

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0008 = 0,0010$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0010 \times 1000 \times 85 \\ &= 85,751 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\text{Ø}10 \text{ mm}$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{85,751}$$

$$= 915,910 \text{ mm}$$

$$S = 915,910 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 200 mm

Maka tulangan yang dipakai $\text{Ø}10\text{-}200$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 392,7 \text{ mm}^2$$

Syarat : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$392,7 \text{ mm}^2 > 85,751 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Oke)}$$

g. Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 797,216 \text{ kgm} = 7972157 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\theta} = \frac{7972157}{0,8} = 9965196 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d_x^2} = \frac{9965196}{1000 \times 95^2} = 1,104$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 1,104}{400}} \right)$$

$$= 0,0028$$

Syarat: $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 > 0,0028 < 0,0244 \quad \text{(Tidak Oke)}$$

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0028 = 0,0037$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0037 \times 1000 \times 95 \\ &= 348,634 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\varnothing 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{348,634} \\ &= 225,279 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 225,279 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \text{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 100 mm

Maka tulangan yang dipakai $\varnothing 10-100$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{100} \\ &= 785,398 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$785,398 \text{ mm}^2 > 348,634 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)}$$

h. Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = 597,912 \text{ kgm} = 5979118 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{\theta} = \frac{5979118}{0,8} = 7473897 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{6643464}{1000 \times 85^2} = 0,828$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,828}{400}} \right) \\ &= 0,0021 \end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$

$$0,0035 > 0,0021 < 0,0244 \quad (\text{Tidak Oke})$$

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0021 = 0,0024$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0027 \times 1000 \times 85 \\ &= 232,612 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\text{Ø}10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{232,612} \\ &= 337,643 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 337,643 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \text{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 100 mm

Maka tulangan yang dipakai Ø10-100

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{100} \\ &= 785,398 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : As pakai} &> \text{As perlu} \\ 785,398 \text{ mm}^2 &> 232,612 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)} \end{aligned}$$

i. Tulangan Susut

Menurut hasil interpolasi sesuai **SNI 03-2847-2013**

pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 MPa menggunakan rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) = 0,0019

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{susut}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0019 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 222,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø8 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{\text{As}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{222,9} \\ &= 225,550 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\max} \leq 5h$$

$$225,550 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{(Oke)}$$

Maka digunakan S = 200 mm

Dipakai tulangan Ø8-200 mm

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} \\
 &= 251,327 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &> A_{s \text{ perlu}} \\
 251,327 \text{ mm}^2 &> 222,900 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)}
 \end{aligned}$$

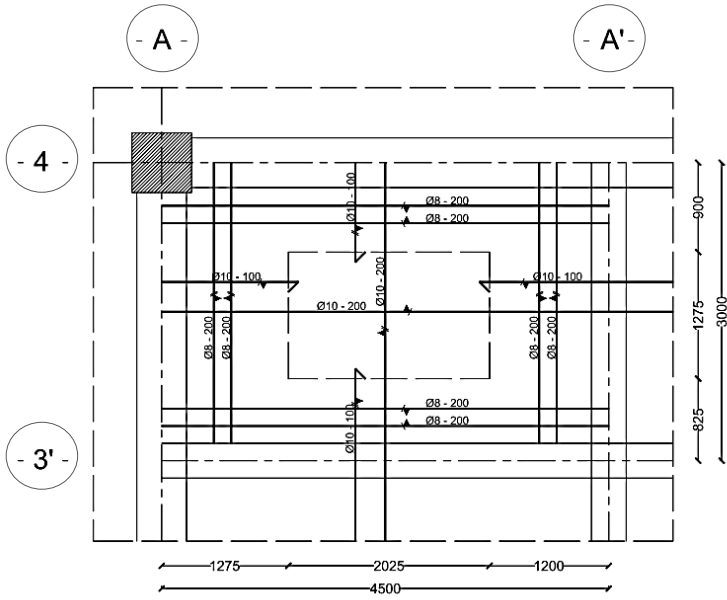
Tulangan tersebut dipasang pada lapis atas dan bawah, masing-masing pada ujung kiri dan kanan tumpuan, baik pada arah bentang l_x maupun l_y .

Lebar lajur pemasangan tulangan susut, diukur dari mukabagian dalam balok-balok penumpu ke arah lapangan pelat, masing-masing sebesar : $0,25l_n$, yaitu:

- Arah bentang panjang

$$\begin{aligned}
 &= 0,25 \times (450 - 0,5(50 + 30)) \\
 &= 102,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$
- Arah bentang pendek

$$\begin{aligned}
 &= 0,25 \times (300 - 0,5(50 + 30)) \\
 &= 65 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 11 Tampak Atas Penulangan Pelat (S1)

2. Perhitungan Penulangan Pelat Lantai (S3)

a. Data Perencanaan

Tipe Pelat	= S3
As Pelat	= 3'-4;D-D'
Mutu Beton (f_c')	= 30 MPa
Mutu Baja (f_y)	= 400 MPa
Mutu Baja (f_{ys})	= 240 MPa
Tebal pelat	= 120 mm
Selimit beton	= 20 mm

(SNI 2847:2013 pasal 7.7)

\emptyset Tulangan lentur	= 10 mm
\emptyset Tulangan susut	= 8 mm
β	= 0,85
ϕ	= 0,8
Bentang pelat sumbu panjang (L_y)	= 375 cm
Bentang pelat sumbu pendek (L_x)	= 300 cm
Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pada pelat:	
$\frac{L_y}{L_x} = 1,25 \leq 2$	(Two Way Slab)

b. Momen Pada Pelat

Koefisien momen untuk pelat lantai tipe S3 375 x 300 adalah :

Nilai C_{lx}	= 31
Nilai C_{ly}	= 19
Nilai C_{tx}	= 69
Nilai C_{ty}	= 57

Tulangan Lapangan (Momen Positif)

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= +0.001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= +0.001 \cdot 1557,92 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 31 \\
 &= 434,660 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= +0.001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= +0.001 \cdot 1557,92 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 19
 \end{aligned}$$

$$= 266,404 \text{ kgm}$$

Tulangan Lapangan (Momen Positif)

$$\begin{aligned} M_{tx} &= +0.001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= +0.001 \cdot 1557,92 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 69 \\ &= 967,468 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= +0.001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= +0.001 \cdot 1557,92 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 57 \\ &= 799,213 \text{ kgm} \end{aligned}$$

c. Tebal Manfaat Pelat

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}) \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}) \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Tulangan Minimum Dan Maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,03251$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,69$$

e. Tulangan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = 434,660 \text{ kgm} = 4346597 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\theta} = \frac{4346597}{0,8} = 4829552 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times dx^2} = \frac{4829552}{1000 \times 95^2} = 0,535$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,535}{400}} \right) \\ &= 0,0014\end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$
 $0,0035 > 0,0014 < 0,0244$ **(Tidak Oke)**

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0014 = 0,0018$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 95 \\ &= 166,993 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\text{Ø}10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{166,993} \\ &= 470,319 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S = 470,319 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 200 mm

Maka tulangan yang dipakai $\text{Ø}10\text{-}200$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As perlu
 $392,7 \text{ mm}^2 > 166,993 \text{ mm}^2$ **(Oke)**

f. Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_{ly} = 266,404 \text{ kgm} = 2664043 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ly}}{\theta} = \frac{2664043}{0,8} = 2960048 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2960048}{1000 \times 85^2} = 0,410$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,410}{400}} \right) \\ &= 0,0010 \end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$
 $0,0035 > 0,0010 < 0,0244$ **(Tidak Oke)**

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0010 = 0,0013$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0013 \times 1000 \times 85 \\ &= 114,102 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\emptyset 10 \text{ mm}$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{114,102}$$

$$= 688,327 \text{ mm}$$

$$S = 688,327 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \text{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 200 mm

Maka tulangan yang dipakai $\emptyset 10-200$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 392,7 \text{ mm}^2$$

Syarat : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$392,7 \text{ mm}^2 > 114,102 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)}$$

g. Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 967,468 \text{ kgm} = 9674683 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\theta} = \frac{9674683}{0,8} = 10749648 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d_x^2} = \frac{10749648}{1000 \times 95^2} = 1,191$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 1,191}{400}} \right)$$

$$= 0,0031$$

Syarat: $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 > 0,0025 < 0,0244$ **(Tidak Oke)**

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0031 = 0,0040$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0040 \times 1000 \times 95 \\ &= 376,766 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\emptyset 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{376,766} \\ &= 208,458 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 208,458 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Oke)}$$

Maka S pakai = 100 mm

Maka tulangan yang dipakai $\emptyset 10-100$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{100} \\ &= 785,398 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } A_s \text{ pakai} &> A_s \text{ perlu} \\ 785,398 \text{ mm}^2 &> 376,766 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Oke)} \end{aligned}$$

h. Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = 799,213 \text{ kgm} = 799,2130 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{\theta} = \frac{799,2130}{0,8} = 8880144 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{8880144}{1000 \times 85^2} = 0,984$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,984}{400}} \right) \\ &= 0,0025 \end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$

$$0,0035 > 0,0025 < 0,0244 \quad (\text{Tidak Oke})$$

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0025 = 0,0033$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 85 \\ &= 277,273 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\text{Ø}10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{277,273} \\ &= 283,258 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 283,258 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \text{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 100 mm

Maka tulangan yang dipakai Ø10-100

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{100} \\ &= 785,398 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As perlu

$$785,398 \text{ mm}^2 > 277,273 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)}$$

i. Tulangan Susut

Menurut hasil interpolasi sesuai **SNI 03-2847-2013**

pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 MPa

menggunakan rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) =

0,0019

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{susut}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0019 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 222,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\max} \leq 5h$ atau $S_{\max} \leq 450$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø8 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{\text{As}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{222,9} \\ &= 225,550 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\max} \leq 5h$$

$$225,550 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{(Oke)}$$

Maka digunakan S = 200 mm

Dipakai tulangan Ø8-200 mm

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} \\ &= 251,327 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &> A_{s \text{ perlu}} \\ 251,327 \text{ mm}^2 &> 222,900 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)} \end{aligned}$$

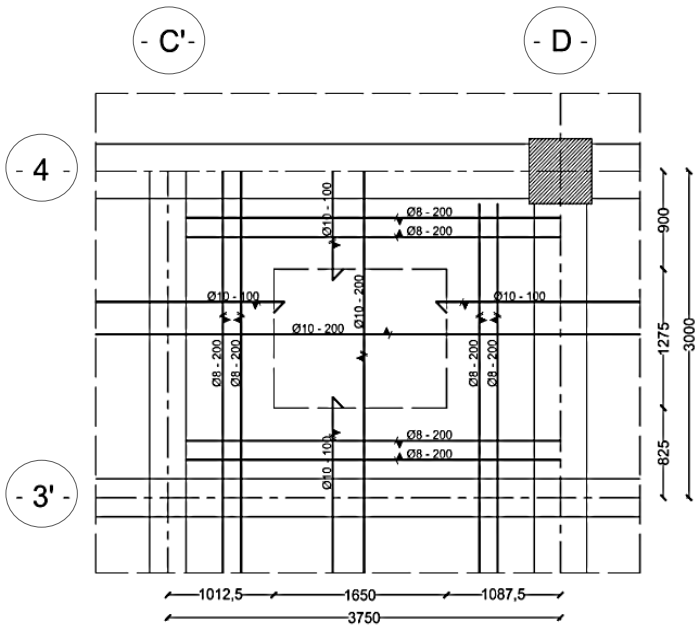
Tulangan tersebut dipasang pada lapis atas dan bawah, masing-masing pada ujung kiri dan kanan tumpuan, baik pada arah bentang lx maupun ly.

Lebar lajur pemasangan tulangan susut, diukur dari mukabagian dalam balok-balok penumpu ke arah lapangan pelat, masing-masing sebesar : $0,25l_n$, yaitu:

- Arah bentang panjang

$$\begin{aligned} &= 0,25 \times (375 - 0,5(50 + 30)) \\ &= 83,75 \text{ cm} \end{aligned}$$
- Arah bentang pendek

$$\begin{aligned} &= 0,25 \times (300 - 0,5(50 + 30)) \\ &= 65 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 12 Tampak Atas Penulangan Pelat (S3)

3. Perhitungan Penulangan Pelat Atap dan Rooftop (S4)

a. Data Perencanaan

Tipe Pelat	= S4
As Pelat	= 3'-4;A-A'
Mutu Beton (f_c')	= 30 MPa
Mutu Baja (f_y)	= 400 MPa
Mutu Baja (f_{ys})	= 240 MPa
Tebal pelat	= 120 mm
Selimit beton	= 20 mm
	<i>(SNI 2847:2013 pasal 7.7)</i>
Ø Tulangan lentur	= 10 mm
Ø Tulangan susut	= 8 mm
β	= 0,85
ϕ	= 0,8
Bentang pelat sumbu panjang (L_y)	= 450 cm
Bentang pelat sumbu pendek (L_x)	= 300 cm

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pada pelat:

$$\frac{L_y}{L_x} = 1,50 \leq 2 \quad (\text{Two Way Slab})$$

b. Momen Pada Pelat

Koefisien momen untuk pelat lantai tipe S4 450 x 300 adalah :

Nilai C_{lx}	= 36
Nilai C_{ly}	= 17
Nilai C_{tx}	= 76
Nilai C_{ty}	= 57

Tulangan Lapangan (Momen Positif)

$$\begin{aligned} M_{lx} &= +0.001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= +0.001 \cdot 572,40 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 36 \\ &= 185,458 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mly &= +0.001 \cdot q \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= +0.001 \cdot 572,40 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 17 \\
 &= 87,577 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Tulangan Lapangan (Momen Positif)

$$\begin{aligned}
 Mtx &= +0.001 \cdot q \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= +0.001 \cdot 572,40 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 76 \\
 &= 391,522 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mty &= +0.001 \cdot q \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= +0.001 \cdot 572,40 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 57 \\
 &= 293,641 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Tebal Manfaat Pelat

$$\begin{aligned}
 dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 8 \text{ mm}) \\
 &= 96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 8 \text{ mm}) \\
 &= 88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Tulangan Minimum Dan Maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,03251$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,69$$

e. Tulangan Lapangan Arah X

$$Mlx = 185,458 \text{ kgm} = 1854576 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mlx}{\theta} = \frac{1854576}{0,8} = 2318220 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d_x^2} = \frac{2060640}{1000 \times 95^2} = 0,252$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,224}{400}} \right)$$

$$= 0,0006$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$
 $0,0035 > 0,0006 < 0,0244$ **(Tidak Oke)**

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0006 = 0,0008$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0008 \times 1000 \times 96$$

$$= 78,872 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\text{Ø}8 \text{ mm}$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{78,872}$$

$$= 637,302 \text{ mm}$$

$$S = 637,302 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 200 mm

Maka tulangan yang dipakai Ø8-200

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} \\ &= 251,327 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As perlu
 $251,327 \text{ mm}^2 > 78,872 \text{ mm}^2$ (Oke)

f. Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_{ly} = 87,577 \text{ kgm} = 875772 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ly}}{\theta} = \frac{875772}{0,8} = 1094715 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1094715}{1000 \times 85^2} = 0,141$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,141}{400}} \right) \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

Syarat : $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$

$$0,0035 > 0,0004 < 0,0244 \quad \text{(Tidak Oke)}$$

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0003 = 0,0005$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0005 \times 1000 \times 88 \\ &= 40,543 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$S_{maks} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan Ø8mm

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{40,543}$$

$$= 1239,822 \text{ mm}$$

$$S = 1239,822 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \text{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 200 mm

Maka tulangan yang dipakai Ø8-200

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{pakai}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 251,327 \text{ mm}^2$$

Syarat : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$251,327 \text{ mm}^2 > 40,543 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)}$$

g. Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 391,522 \text{ kgm} = 3915162 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\theta} = \frac{3915162}{0,8} = 4894020 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{10749648}{1000 \times 96^2} = 0,531$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,531}{400}} \right)$$

$$= 0,0013$$

Syarat: $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 > 0,0013 < 0,0244$ **(Tidak Oke)**

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0013 = 0,0017$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0017 \times 1000 \times 96 \\ &= 167,445 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\text{Ø}8 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{\text{As}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{167,445} \\ &= 300,191 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 300,191 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Oke)}$$

Maka S pakai = 100 mm

Maka tulangan yang dipakai $\text{Ø}8-100$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{100} \\ &= 502,655 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} : \text{As pakai} &> \text{As perlu} \\ 502,655 \text{ mm}^2 &> 167,445 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Oke)} \end{aligned}$$

h. Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = 293,641 \text{ kgm} = 2936412 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{\theta} = \frac{2936412}{0,8} = 3670515 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{3262680}{1000 \times 88^2} = 0,398$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 0,398}{400}} \right) \\ &= 0,0010 \end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$

$$0,0035 > 0,0010 < 0,0244 \quad (\text{Tidak Oke})$$

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan massif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0010 = 0,0013$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0012 \times 1000 \times 85 \\ &= 114,811 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\text{Ø}8 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{114,811} \\ &= 437,12 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 437,12 \text{ mm} > 240 \text{ mm} \quad \text{(Tidak Oke)}$$

Maka S pakai = 100 mm

Maka tulangan yang dipakai Ø8-100

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{100} \\ &= 502,655 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As perlu
 $502,655 \text{ mm}^2 > 114,811 \text{ mm}^2$ (Oke)

i. Tulangan Susut

Menurut hasil interpolasi sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1** untuk tulangan mutu 400 MPa menggunakan rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) = 0,0019

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0019 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 222,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\max} \leq 5h$ atau $S_{\max} \leq 450$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø8 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{222,9} \\ &= 225,550 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\max} \leq 5h$$

$$225,550 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{(Oke)}$$

Maka digunakan S = 200 mm

Dipakai tulangan Ø8-200 mm

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} \\
 &= 251,327 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &> A_{s \text{ perlu}} \\
 251,327 \text{ mm}^2 &> 222,900 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Oke)}
 \end{aligned}$$

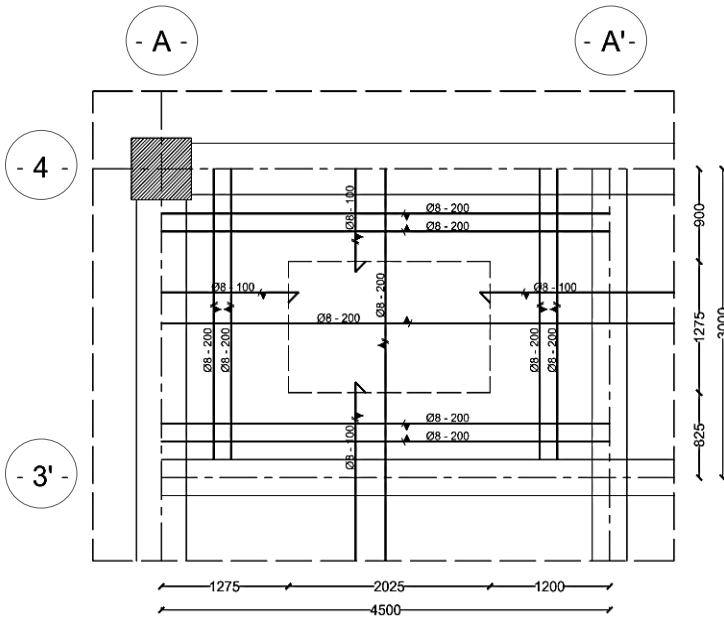
Tulangan tersebut dipasang pada lapis atas dan bawah, masing-masing pada ujung kiri dan kanan tumpuan, baik pada arah bentang l_x maupun l_y .

Lebar lajur pemasangan tulangan susut, diukur dari mukabagian dalam balok-balok penumpu ke arah lapangan pelat, masing-masing sebesar : $0,25l_n$, yaitu:

- Arah bentang panjang

$$\begin{aligned}
 &= 0,25 \times (450 - 0,5(50 + 30)) \\
 &= 102,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$
- Arah bentang pendek

$$\begin{aligned}
 &= 0,25 \times (300 - 0,5(50 + 30)) \\
 &= 65 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 13 Tampak Atas Penulangan Pelat (S4)

4.4.1.3 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Tabel 4. 17 Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat

Type	Ly	Lx	Ly/Lx	Lap X	Lap Y	Tump X	Tump Y
	m	m		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
S1	4.50	3.00	1.50	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 100	Ø10 - 100
S2	3.50	3.00	1.17	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 100	Ø10 - 100
S3	3.75	3.00	1.25	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 100	Ø10 - 100
S4 (Atap)	4.50	3.00	1.50	Ø8 - 200	Ø8 - 200	Ø8 - 100	Ø8 - 100
S5 (Atap)	3.50	3.00	1.17	Ø8 - 200	Ø8 - 200	Ø8 - 100	Ø8 - 100
S6 (Atap)	3.75	3.00	1.25	Ø8 - 200	Ø8 - 200	Ø8 - 100	Ø8 - 100

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Penulangan Susut Pelat

Type	Ly	Lx	Ly/Lx	Tump X	Tum Y	Jarak dari tepi	
	(m)	(m)		(mm)	(mm)	Arah Ly (cm)	Arah Lx (cm)
S1	4.50	3.00	1.50	Ø8 - 200	Ø8 - 200	102.5	65
S2	3.50	3.00	1.17	Ø8 - 200	Ø8 - 200	77.5	65
S3	3.75	3.00	1.25	Ø8 - 200	Ø8 - 200	83.75	65
S4 (Atap)	4.50	3.00	1.50	Ø8 - 200	Ø8 - 200	102.5	65
S5 (Atap)	3.50	3.00	1.17	Ø8 - 200	Ø8 - 200	77.5	65
S6 (Atap)	3.75	3.00	1.25	Ø8 - 200	Ø8 - 200	83.75	65

4.4.2 Perencanaan Tangga

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa macam alternative, baik itu konstruksi maupun perletakannya. Dalam perencanaan ini tangga diasumsikan sebagai frame 2 dimensi, yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya-gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tak tentu. Perletakan dapat diasumsikan sebagai sendi-sendi, sendi-jepit, ataupun jepit-rol.

Tangga pada Gedung kuliah fakultas teknik di Malang ini akan dimodelkan sebagai frame statis tak tentu (penyelesaian dengan cara cross) dengan kondisi perletakan berupa sendi (diletakkan pada ujung bords) dan jepit (diletakkan pada ujung sloof dan balok induk).

Berikut pembahasan perencanaan dimensi tangga Utam As (A-D; 2-3). Adapun data perencanaan dalam perhitungan penulangan pelat tangga dan pelat bordes berdasarkan metode SRPMM adalah sebagai berikut:

- Data-data Perencanaan

Tipe tangga	: Tangga Utama
Panjang datar tangga	: 400 cm
Tinggi tangga	: 400 cm
Tinggi pelat bordes	: 200 cm
Tebal pelat tangga	: 15 cm
Tebal pelat bordes	: 15 cm
Lebar injakan (i)	: 30 cm
Tinggi tanjakan (t)	: 18,2 cm

4.4.2.1 Pembebanan pada Tangga

1. Pembebanan pada Pelat Tangga

Beban Mati:

$$\text{Berat pelat (0.23 m x 2400 kg/m}^3) = 552 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat kramik (19mm) + spesi(2,5mm) = 110 kg/m}^2$$

$$\text{Berat railing} = 10 \text{ kg/m}^2 +$$

$$q \text{ DL} = 672 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup:
 Beban hidup pada tangga = 479 kg/m²

Beban Ultimate (U):
 $U = 1,2 \text{ (DL)} + 1,6 \text{ (LL)}$
 $= 1,2 \text{ (672 kg/m}^2\text{)} + 1,6 \text{ (479 kg/m}^2\text{)}$
 $= 1572,8 \text{ kg/m}^2$

Beban Merata (Q):
 $Q = U \times \text{Lebar Tangga}$
 $= 1572,8 \text{ kg/m}^2 + 1,83 \text{ m}$
 $= 2878,2 \text{ kg/m}^2$

2. Pembebanan pada Pelat Bordes

Beban Mati:
 Berat pelat (0.15 m x 2400 kg/m³) = 360 kg/m²
 Berat kramik (19mm) + spesi(2,5mm) = 110 kg/m²
 Berat railing = 10
kg/m²
 $q \text{ DL} = 480 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup:
 Beban hidup pada tangga = 479 kg/m²

Beban Ultimate (U):
 $U = 1,2 \text{ (DL)} + 1,6 \text{ (LL)}$
 $= 1,2 \text{ (480 kg/m}^2\text{)} + 1,6 \text{ (479 kg/m}^2\text{)}$
 $= 1342,40 \text{ kg/m}^2$

Beban Merata (Q):
 $Q = U \times \text{Lebar Bordes}$
 $= 1342,40 \text{ kg/m}^2 + 1,88 \text{ m}$
 $= 2523,7 \text{ kg/m}^2$
 $Q = U \times \text{Lebar Bordes}$

$$\begin{aligned}
 &= 1342,40 \text{ kg/m}^2 + 1,12 \text{ m} \\
 &= 1503,5 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

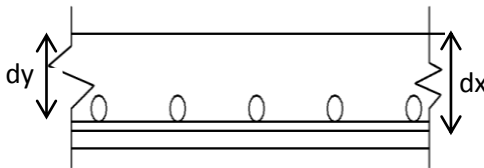
4.4.2.2 Penulangan Pelat Tangga

Dalam contoh perhitungan penulangan pelat ini, tipe tangga yang digunakan adalah tangga penghubung utama antar lantai. Adapun data-data, gambar denah tipe plat dan perhitungan penulangan plat tangga adalah sebagai berikut:

a. Data Perencanaan

Tipe pelat	: Pelat tangga
As pelat	: A'-B;1-2
Mutu beton (f_c')	: 30 Mpa
Mutu baja (f_y)	: 400 Mpa
β	: 0,85
Tebal pelat	: 15 cm
Tebal selimut beton	: 20 cm
Diameter tulangan lentur	: 19 mm
Diameter tulangan susut	: 10 mm
BJ beton	: 2400 kg/m ³

b. Tebal Manfaat Pelat

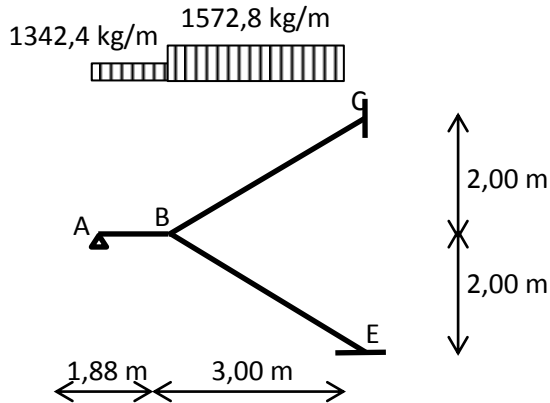


Gambar 4. 14 Potongan Pelat tangga

$$\begin{aligned}
 dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm} \right) \\
 &= 121 \text{ mm} \\
 dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}\right) \\
 &= 102 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Mekanika Tangga



$$\text{Panjang miring tangga} = \sqrt{3,00^2 + 2,00^2} = 3,61$$

Penyelesaian Cross

$$\begin{aligned}
 \mu_{BA} : \mu_{BC} : \mu_{BE} &= \frac{3EI}{1,88} : \frac{4EI}{3,61} : \frac{4EI}{3,61} \\
 &= 1,60EI : 1,11EI : 1,11EI
 \end{aligned}$$

$$\mu_{BA} = \frac{1,60EI}{1,60EI + 1,11EI + 1,11EI} = 0,42$$

$$\mu_{BA} = \frac{1,11EI}{1,60EI + 1,11EI + 1,11EI} = 0,29$$

$$\text{Kontrol} = \mu_{BA} + \mu_{BC} + \mu_{BE} = 1 \text{ (Oke)}$$

Momen Primair

$$MF\ BA = +\frac{1}{8} \cdot 1342,4 \cdot 1,88^2 = 593,07 \text{ kgm}$$

$$MF\ BC = +\frac{1}{12} \cdot 1572,8 \cdot 3,61^2 = 1703,87 \text{ kgm}$$






$$MF\ CB = -\frac{1}{12} \cdot 1572,8 \cdot 3,61^2 = -1703,87 \text{ kgm}$$

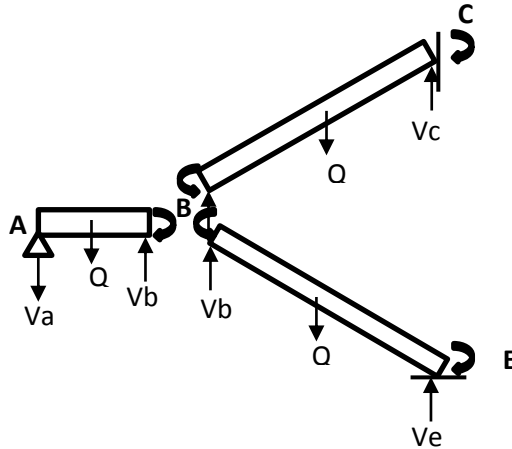
$$MF\ BE = +\frac{1}{12} \cdot 1572,8 \cdot 3,61^2 = 1703,87 \text{ kgm}$$

$$MF\ EB = -\frac{1}{12} \cdot 1572,8 \cdot 3,61^2 = -1703,87 \text{ kgm}$$

Tabel Cross

Tabel 4. 19 Tabel Cross

Titik Batang	B			C	E
	BA	BE	BC	CB	EB
FD	-0,42	-0,29	-0,29	0,00	0,00
MF	593,07	1703,87	1703,87	-1703,87	-1703,87
MD	-1673,66	-1163,57	-1163,57	0,00	0,00
MI	0,00	0,00	0,00	-581,79	-581,79
MD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M Akhir	-2160,43	840,93	1318,50	-3271,10	-4238,08
Gambar Momen					

Free Body Diagram

Batang AB

$$\sum M_B = 0 \quad \text{misal } V_A \uparrow$$

$$V_A \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + M_{(BA)} = 0$$

$$V_A \cdot 1,88 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 1342,4 \text{ kg/m} \cdot 1,88^2 + 1960,65 \text{ kg/m} = 0$$

$$V_A = 3415,188 \text{ kg} \downarrow$$

$$V_B = V_A + Q = 3415,11 \text{ kg} + (1342,4 \text{ kg/m} \times 1,88 \text{ m})$$

$$V_B = 8159,7673 \text{ kg} \uparrow$$

Batang BE

$$\sum M_B = 0 \quad \text{misal } V_E \uparrow$$

$$-V_E \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - M_{(BE)} + M_{(EB)} = 0$$

$$-V_E \cdot 3,61 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 1572,8 \text{ kg/m} \cdot 3,61^2 - 979,83 \text{ kgm} + 4187,06 \text{ kgm} = 0$$

$$V_E = 4299,266 \text{ kg} \uparrow$$

$$V_B = Q - V_E = (1572,8 \text{ kg/m} \times 3,61 \text{ m}) \cdot 4299,26 \text{ kg}$$

$$V_B = 6078,3177 \text{ kg} \uparrow$$

Batang BC

$$\sum MB = 0 \quad \text{misal } V_C \uparrow$$

$$-V_C \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - M_{(BC)} + M_{(CB)} = 0$$

$$-V_C \cdot 3,61 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 1572,8 \text{ kg/m} \cdot 3,61^2 - 979,83 \text{ kgm}$$

$$+ 4187,06 \text{ kgm} = 0$$

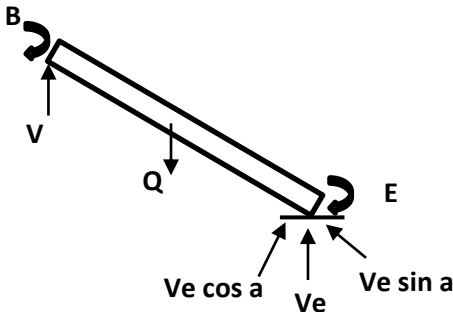
$$V_C = 6078,3177 \text{ kg} \uparrow$$

$$V_B = Q - V_C = (1572,8 \text{ kg/m} \times 3,61 \text{ m}) \cdot 6078,31 \text{ kg}$$

$$V_B = 4299,266 \text{ kg} \uparrow$$

Mencari M max

Bentang BE



$$\text{Sin} \alpha = 2/3,61$$

$$= 0,554$$

$$\text{Cos} \alpha = 3/3,61$$

$$= 0,831$$

$$N_{EB} = -V_e \sin \alpha = 4299,2665 \times 0,554 = -2381,9$$

$$D_{EB} = V_e \cos \alpha = 4299,2665 \times 0,831 = 3572,8$$

$$D_{BC} = V_b \cos \alpha = 6078,3177 \times 0,831 = 5051,23$$

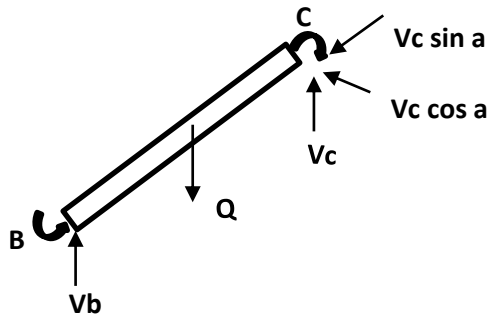
$$D_x = 0$$

$$V_b \cos \alpha - 1572,8 \text{ kg/m} \cdot X = 0$$

$$X = \frac{5051,23}{1572,8} = 1,75 \text{ m (dari titik B)}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= V_b \cos \alpha \cdot X - \frac{1}{2} \cdot 1572,8 \cdot X^2 - M_{(BE)} \\ &\quad + M_{(EB)} \\ &= 8864,83 - 4432,414 - 979,83 + 4187,06 \\ &= 7639,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Bentang BC



$$N_{CB} = -V_e \sin \alpha = 6078,317 \times 0,554 = -3367,49$$

$$D_{CB} = V_e \cos \alpha = 6078,317 \times 0,831 = 5051,23$$

$$D_{BC} = V_b \cos \alpha = 4299,266 \times 0,831 = 3572,80$$

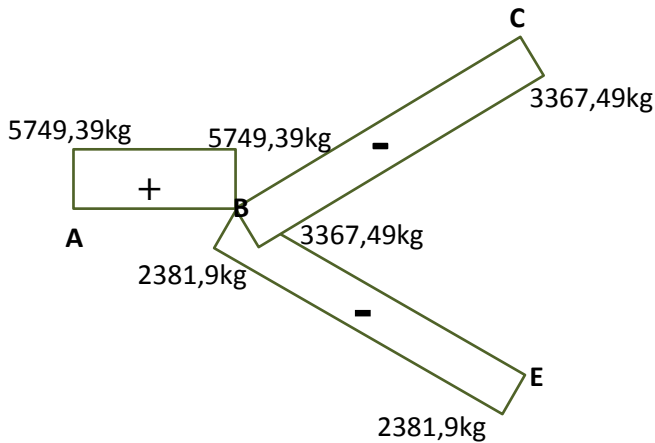
$$D_x = 0$$

$$V_b \cos \alpha - 1572,8 \text{ kg/m} \cdot X = 0$$

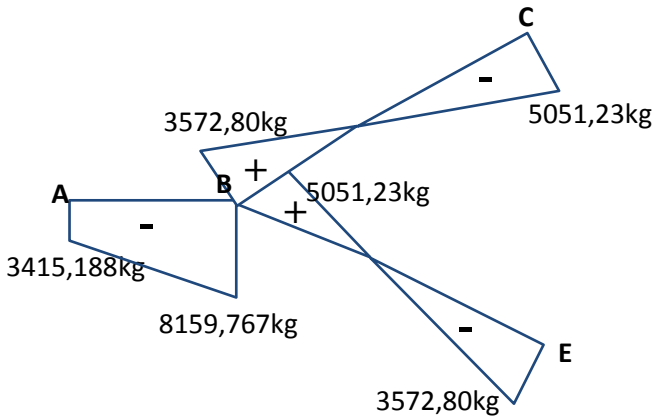
$$X = \frac{3572,8}{1572,8} = 1,24 \text{ m (dari titik B)}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= V_b \cos \alpha \cdot X - \frac{1}{2} \cdot 2827,2 \cdot X^2 - M_{(BE)} \\
 &\quad + M_{(EB)} \\
 &= 4434,99 - 2217,49 - 979,83 + 4187,06 \\
 &= 5424,7 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

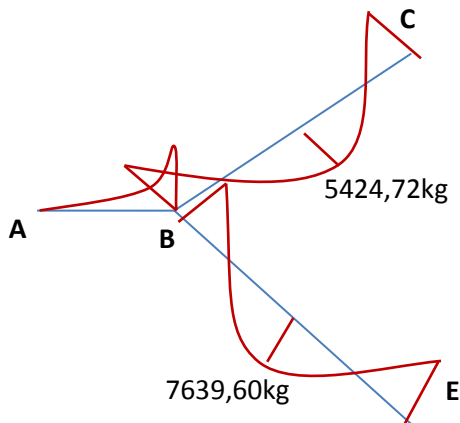
Diagram N



Gambar 4. 15 Diagram N Tangga Utama

Diagram D

Gambar 4. 16 Diagram D Tangga Utama

Diagram M

Gambar 4. 17 Diagram D Tangga Utama

Jadi,	Momen tumpuan B	= 1960,65 kgm
	Momen tumpuan C	= 4187,06 kgm
	Momen tumpuan E	= 4187,06 kgm
	Momen max tangga BE	= 7639,64 kgm
	Momen max tangga BC	= 5424,72 kgm

Output momen SAP 2000

Momen Tangga M11	= 4962,29 kgm
Momen Tangga M22	= 2795,68 kgm
Momen Bordes M11	= 1321,62 kgm
Momen Bordes M22	= 937,24 kgm

Output momen SAP 2000 diambil untuk perhitungan tulangan tangga dan bordes karena dari kedua hasil tersebut (output momen SAP 2000 dan perhitungan cross) hasil terbesar didapat dari perhitungan SAP 2000 untuk momen tangga dan perhitungan cross untuk momen bordes. Maka momen yang diambil adalah sebagai berikut:

Momen Tangga	= 4962,29 kgm
Momen Bordes	= 1321,62 kgm

d. Tulangan Minimum Dan Maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,03251$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,69$$

e. Tulangan Tangga Arah Y

$$M_u = 4962,29 \text{ kgm} = 49622900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mly}{\theta} = \frac{49622900}{0,8} = 62028625,00 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{62028625}{1000 \times 102^2} = 4,272$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 4,272}{400}} \right) \\ &= 0,0118 \end{aligned}$$

Syarat : $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$
 $0,0035 < 0,0118 < 0,0244$ **(Oke)**

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0118 \times 1000 \times 88 \\ &= 1417,725 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\emptyset 16$ mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{1417,725} \\ &= 141,820 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 141,820 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Oke)}$$

Maka S pakai = 100 mm

Maka tulangan yang dipakai $\emptyset 16$ -100

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{100} \end{aligned}$$

$$= 2010,619 \text{ mm}^2$$

Syarat : As pakai > As perlu
 $1417,725 \text{ mm}^2 > 2010,619 \text{ mm}^2$ (Oke)

f. Tulangan Susut tangga (Arah X)

Menurut hasil interpolasi sesuai **SNI 03-2847-2013**

pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 MPa menggunakan rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) = 0,0019

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0019 \times 1000 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 278,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } S_{\max} &\leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \\ S_{\max} &= 5 \times 150 \text{ mm} \\ &= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan $\emptyset 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{278,6} \\ &= 281,938 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat :} \\ S_{\max} &\leq 5h \\ 281,938 \text{ mm} &< 450 \text{ mm} \quad \text{(Oke)} \end{aligned}$$

Maka digunakan $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan $\emptyset 10\text{-}200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200} \\ &= 392,699 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat :} \\ A_{S_{\text{pakai}}} &> A_{S_{\text{perlu}}} \end{aligned}$$

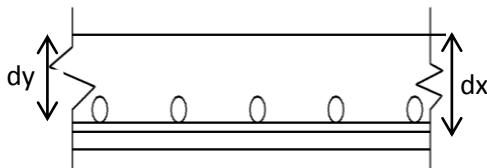
$392,699 \text{ mm}^2 > 392,699 \text{ mm}^2$ (Oke)
Jadi dipakai tulangan $\text{Ø}10\text{-}200 \text{ mm}$

4.4.2.3 Penulangan Pelat Bordes

a. Data Perencanaan

Tipe pelat	: Pelat tangga
As pelat	: A-D; 2-3
Mutu beton (f_c')	: 30 Mpa
Mutu baja (f_y)	: 400 Mpa
β	: 0,85
Tebal pelat	: 15 cm
Tebal selimut beton	: 20 cm
Diameter tulangan lentur	: 19 mm
Diameter tulangan susut	: 10 mm
BJ beton	: 2400 kg/m^3
Momen Bordes	: 4238,08 kgm

b. Tebal Manfaat Pelat



Gambar 4. 18 Potongan Pelat tangga

$$\begin{aligned}
 dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Ø} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm} \right) \\
 &= 121 \text{ mm} \\
 dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \text{Ø} - \frac{1}{2} \text{Ø} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm} \right) \\
 &= 102 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Tulangan Minimum Dan Maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,03251$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,69$$

d. Tulangan Tangga Arah Y

$$M_u = 1321,620 \text{ kgm} = 13216200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\theta} = \frac{13216200}{0,8} = 16520250 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{16520250}{1000 \times 121^2} = 1,138$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 15,69 \cdot 1,138}{400}} \right) \\ &= 0,0029 \end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,0029 < 0,0244 \quad \text{(Oke)}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 121 \\ &= 350,751 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan $\varnothing 16 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{1191,490} \\
 &= 573,232 \text{ mm} \\
 S &= 573,232 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \text{(Tidak Oke)} \\
 \text{Maka } S \text{ pakai} &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai Ø16-100

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{100} \\
 &= 2010,619 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$
 $2010,619 \text{ mm}^2 > 350,715 \text{ mm}^2$ (Oke)

e. Tulangan Susut tangga (Arah X)

Menurut hasil interpolasi sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1** untuk tulangan mutu 400 MPa menggunakan rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) = 0,0019

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\
 &= 0,0019 \times 1000 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\
 &= 278,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\max} \leq 5h$ atau $S_{\max} \leq 450$

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 5 \times 150 \text{ mm} \\
 &= 750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø10 mm

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{278,6}
 \end{aligned}$$

$$= 281,938 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\max} \leq 5h$$

$$281,938 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{(Oke)}$$

Maka digunakan $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan $\text{Ø}10\text{-}200 \text{ mm}$

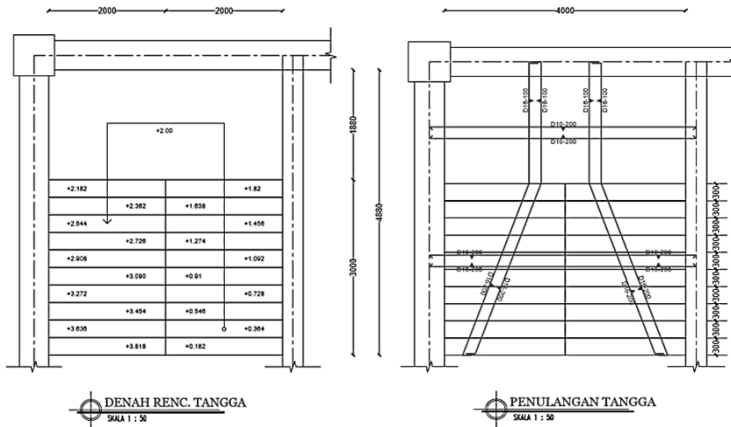
$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200} \\ &= 392,699 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : $A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$

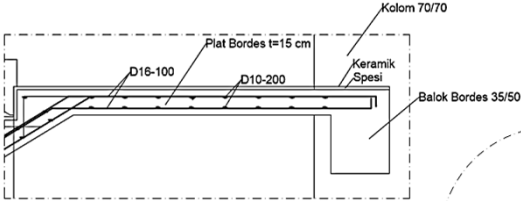
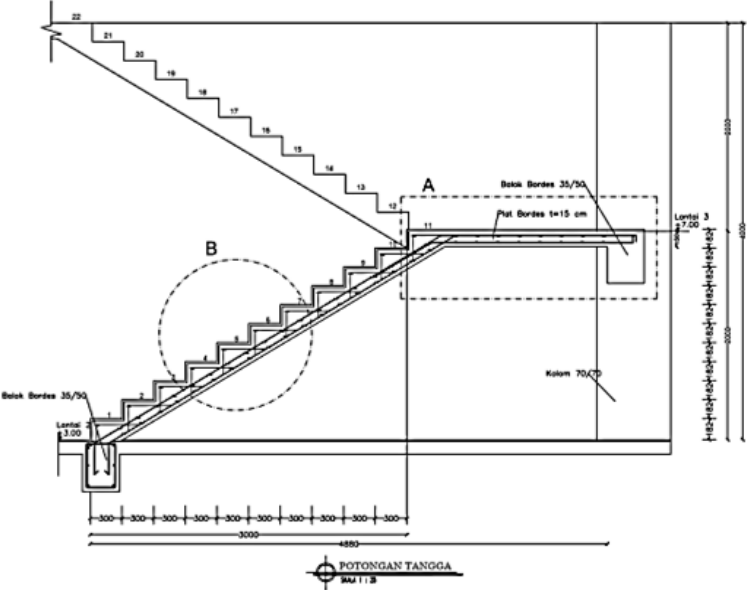
$$392,699 \text{ mm}^2 > 392,699 \text{ mm}^2 \quad \text{(Oke)}$$

Jadi dipakai tulangan $\text{Ø}10\text{-}200 \text{ mm}$

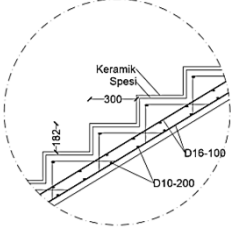
4.4.2.4 Gambar Penulangan



Gambar 4. 19 Denah Rencana dan Penulangan Tangga



DETAIL A
SKALA 1 : 25



DETAIL B
SKALA 1 : 25

Gambar 4. 20 Potongan dan Detail Tangga

4.4.2.5 Rekapitulasi Penulangan Pelat tangga dan Bordes

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

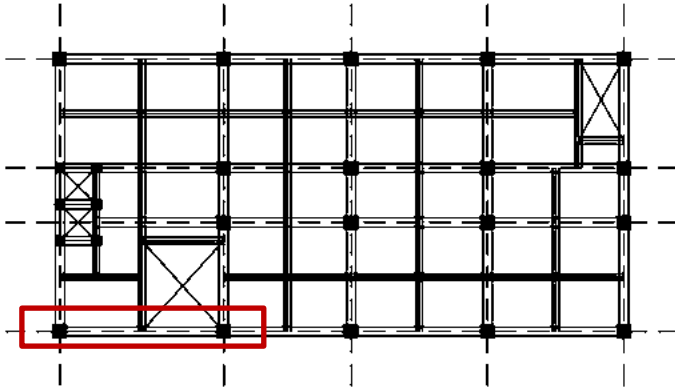
TYPE	DIMENSI (m)	ARAH	TULANGAN
Plat Bordes T. Utama (SB)	2,6 x 2,1	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Bordes T. Darurat (SB)	1,05 x 2,6	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Bordes T. Masuk (SB)	3 x 4	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Tangga Utama (ST)	1,83 x 3,5	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Tangga Darurat (ST)	1,05 x 3	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Tangga Masuk (ST)	1,83 x 3,6	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Tangga Belakang	1,35 x 4,8	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100

4.5 Perhitungan Balok

4.5.2 Perhitungan Balok Induk

a. Data Perencanaan

Perhitungan tulangan balok induk BI 1 (50/75) As 1 (A-B) elevasi ± 3.00 . Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa program SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok sebagai berikut :



Gambar 4. 21 Denah Pembalokan

Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

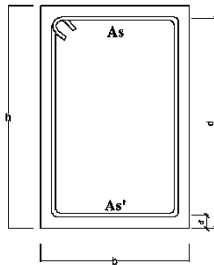
Bentang Balok (L)	= 9000 mm
Lebar Balok (b_{balok})	= 500 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 750 mm
Bentang Kolom (L_{kolom})	= 4000 mm
Lebar Kolom (b_{kolom})	= 700 mm
Tinggi Kolom (h_{kolom})	= 700 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur (f_y)	= 400 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa

Kuat Leleh Tulangan Puntir (f_{yt})	= 400 MPa
Diameter Tulangan Lentur (D_{lentur})	= 22 mm
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 12 mm
Diameter Tulangan Puntir (D_{puntir})	= 16 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar (S_{sejajar})	= 30 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]</i>	
Jarak Spasi Tulangan Antar Lapis ($S_{\text{antar lapis}}$)	= 25 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]</i>	
Tebal Selimut Beton (decking)	= 40 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]</i>	
Faktor β_1	= 0,85
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur (ϕ)	= 0,8
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Puntir (ϕ)	= 0,75
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]</i>	

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\
 &= 687 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \emptyset_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\
 &= 63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 22 Tinggi Efektif Balok

b. Hasil Output dan Diagram Gaya berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non-gempa

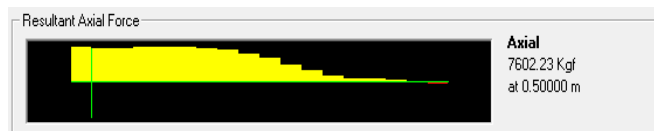
1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L$
3. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,8 W$
4. $U = 0,9 D + 1,0 W$

Kombinasi pembebanan gempa

1. $U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$
2. $U = 0,9 D + 1,0 E$

Untuk perhitungan penulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. $1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey$ adalah kombinasi kritis dalam permodelan.

Hasil Output Diagram Aksial

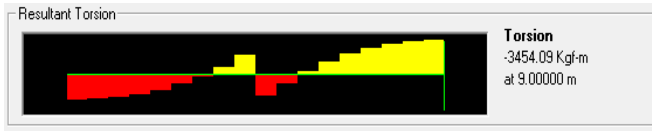


Gambar 4. 23 Diagram Aksial pada Balok

Kombinasi $1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey$

Gaya Aksial = 7602,23 kg

Hasil Output Diagram Torsi

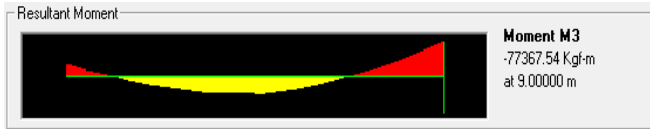


Gambar 4. 24 Diagram Torsi pada Balok

Kombinasi 1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey

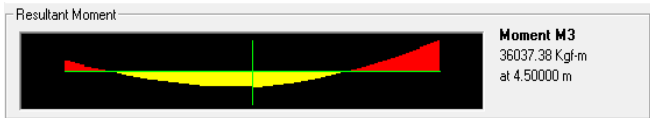
Momen Torsi (T_u) = 3454,09 kg.m

Hasil Output Diagram Momen Lentur



Gambar 4. 25 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok

Kombinasi 1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey



Gambar 4. 26 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok

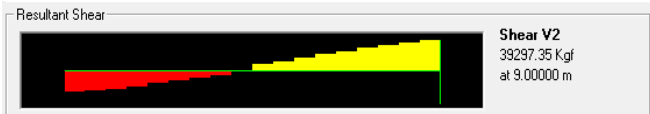
Kombinasi 1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey

Momen Tumpuan Kiri = 77367,54 kg.m

Momen Tumpuan Kanan = 77367,54 kg.m

Momen Lapangan = 36037,38 kg.m

Hasil Output Diagram Gaya Geser



Gambar 4. 27 Diagram geser pada Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2, V_u diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 cm dari as kolom.

Kombinasi 1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey

Gaya Geser Terfaktor $V_u = 39297,35 \text{ kg}$

c. Syarat Gaya Aksial pada Balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi :

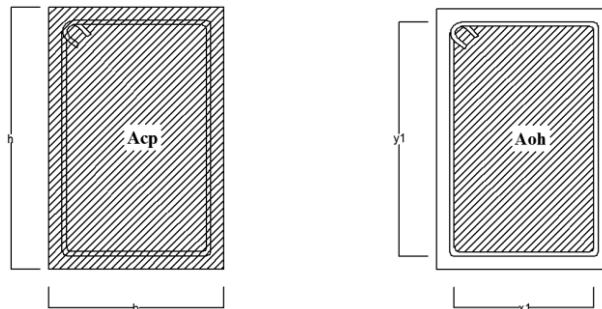
$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2}{10}$$

$$= 1125000 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil analisa program SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey pada komponen struktur sebesar $76023 \text{ N} < 1125000 \text{ N}$

Periksa Kecukupan Dimensi Penampang terhadap Beban Lentur dan Puntir

Ukuran penampang balok yang dipakai : 50/75



Gambar 4. 28 Luasan Penampang Balok

Luasan yang Dibatasi oleh Keliling Luar Irisan Penampang Beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} \\ &= 375000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perimeter Luar Irisan Penampang Beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} \times h_{balok}) \\ &= 2 \times (500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}) \\ &= 2500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luasan Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) \times ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser})) \\ &= (500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 12 \text{ mm})) \times \\ &\quad (750 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 12 \text{ mm})) \\ &= 255816 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) + ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}))] \\ &= 2 \times [(500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 12 \text{ mm})) \\ &\quad + (750 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 12 \text{ mm}))] \\ &= 2084 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.5.2.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi dari program SAP 2000 diperoleh momen puntir sebesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi 1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey

$$T_u = 3454,09 \text{ kg.m} = 33884622,9 \text{ N.mm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{33884622,9 \text{ N.mm}}{0,75} = 45179497 \text{ N.mm}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5]

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari:

$$\begin{aligned} T_u \text{ min} &= \phi \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \times \\ &\quad \left(\frac{(375.000 \text{ mm}^2)}{2.500 \text{ mm}} \right) \\ &= 19178847,68 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} T_u \text{ max} &= \phi \times 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times \\ &\quad \left(\frac{(375.000 \text{ mm}^2)}{2.500 \text{ mm}} \right) \\ &= 76253249,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$T_{u_{\text{min}}} > T_u$ → tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{u_{\text{min}}} < T_u$ → memerlukan tulangan puntir

$T_{u_{\text{min}}} > T_u$

33884622,9 N.mm > 19178847,68 N.mm

(maka memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang (longitudinal).

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times P_h}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66\sqrt{f_c'}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{374648}{500 \times 687}\right)^2 + \left(\frac{33884622,9 \times 2084}{1,7 \times 255816}\right)^2} \leq$$

$$\phi \left(\frac{0,17 \times \sqrt{30} \times 500 \times 689}{500 \times 687} + 0,66\sqrt{30}\right)$$

$$1,062 \leq 3,295 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y}\right) \times \cot^2 \phi$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7]

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6]

Dimana:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \phi = 45179497,2 \text{ Nmm}$$

Untuk beton non-prategang $\phi = 45^\circ$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$= 217444 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{45179497 \text{ N.mm}}{2 \times 217444 \times 400 \times 0,617}$$

$$= 0,420 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} Ph \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \phi$$

$$A_l = 0,420 \cdot 2084 \cdot 1 \cdot 0,381$$

$$= 334,155 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung diambil dengan ketentuan tidak kurang dari:

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \left(\frac{A_t}{s} \right) Ph \frac{F_{yt}}{F_y}$$

$$= 2156,657 - 876,7125$$

$$= 1279,945 \text{ mm}^2$$

Dengan,

$$\frac{A_t}{s} \geq 0,175 \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$0,4206 \geq 0,175 \frac{500}{400}$$

$$0,4206 \geq 0,2188$$

(Memenuhi)

Maka diambil nilai $A_t/s = 0,42069$

Kontrol:

$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \text{ min}}$ maka gunakan $A_{l \text{ perlu}}$

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \text{ min}}$ maka gunakan $A_{l \text{ min}}$

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \text{ min}}$

$$334,155 \text{ mm}^2 < 1279,945 \text{ mm}^2$$

(maka gunakan $A_{l \text{ min}}$)

Maka diperlukan tulangan puntir sebesar 1279,945 mm^2

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata keempat sisi pada penampang balok

$$\frac{A_l}{4} = \frac{1279,945 \text{ mm}^2}{4} = 320 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 640 mm²

Pada sisi kanan dan kiri = dipasang luasan tulangan puntir sebesar:

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times \frac{1279,945 \text{ mm}^2}{4} = 640 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

Direncanakan tulangan diameter 16 mm

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan D puntir}}$$

$$n = \frac{640 \text{ mm}^2}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2} = 3,184 \text{ mm}^2 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan puntir 4D16

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_s &= n \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 4 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu} \\ 803,84 \text{ mm}^2 \geq 640 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 4D16

4.5.2.2 Perhitungan Penulangan Lentur

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
 $1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey$

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\ &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 687 \text{ mm} = 412,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 412,2 \text{ mm} \\ &= 309,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1530000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{C_c'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 3825 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 3825 \times 400 \times \left(687 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 959310000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 758975567 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{758975567 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 948719459 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 948719459 \text{ Nmm} - 959310000 \text{ Nmm}$$

$$= -10590541 \text{ Nmm}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

- **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 4,203 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,0109$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0110 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,011 \times 500 \times 687 \\ &= 3778,364 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\ &= 3778,364 \text{ mm}^2 + 320 \text{ mm}^2 \\ &= 4098,3509 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{4098,3509 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \end{aligned}$$

$$= 10,786 \approx 12 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 12 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ pasang}} \\ 4098,3509 \text{ mm}^2 &< 4559,28 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

Luasan Pasang ($A_{s'}$) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_{s'} &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 4559,28 \text{ mm}^2 \\ &= 1367,784 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{1367,784 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 3,6 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ pasang}} \\ 1367,784 \text{ mm}^2 &< 1519,76 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ susun lebih dari 1 lapis
Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 12D22 dan tulangan tekan 1 lapis 4D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (12 \cdot 22)}{12 - 1} \\ &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$

12 mm < 30 mm **(Tidak memenuhi)**

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (4 \cdot 22)}{4 - 1} \\ &= 102,667 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$

102,667 mm > 30 mm **(Memenuhi)**

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ($S_{\max} < 30 \text{ mm}$), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis

- Kontrol Tulangan Tarik Lapis 1

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (6 \cdot 22)}{6 - 1} \\ &= 52,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$52,8 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tarik Lapis 2

$$\text{Starik} = \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{Øgeser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1}$$

$$= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (6 \cdot 22)}{6 - 1}$$

$$= 52,8 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$52,8 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 12 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$1519,76 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 4559,28 \text{ mm}^2$$

$$1519,76 \text{ mm}^2 \geq 1519,76 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 12D22} = 4559,30 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 4D22} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$a = \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{4559,30 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 143,036 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 1823712 \text{ N}$$

$$Cs' = \text{As pakai} \times f_y = 1823712 \text{ N}$$

$$Mn \text{ pasang} = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= 2260457983 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$948719459,3 \text{ Nmm} < 0,9 \times 2260457983 \text{ Nmm}$$

$$948719459,3 \text{ Nmm} < 2034412184 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BI (50/75) As A(1-2) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun dua lapis
 - Lapis 1 = 6D22
 - Lapis 2 = 6D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
 - Lapis 1 = 4D22

DAERAH TUMPUAN KIRI

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
 $1,2D+1,0L+1,0E_x+0,3E_y$

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\ &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 687 \text{ mm} = 412,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 412,2 \text{ mm} \\ &= 309,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1530000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (A_{sc})

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{C_c'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 3825 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 3825 \times 400 \times \left(687 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 959310000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$\begin{aligned}
 M_{u_{tumpuan}} &= 758975567 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{758975567 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 948719459 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 948719459 \text{ Nmm} - 959310000 \text{ Nmm} \\
 &= -10590541 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

- **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_{c'} \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 4,203 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,0109$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0110 < 0,0244 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,011 \times 500 \times 687 \\ &= 3778,364 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_l}{4} \\ &= 3778,364 \text{ mm}^2 + 320 \text{ mm}^2 \\ &= 4098,359 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{4098,359 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \end{aligned}$$

$$= 10,786 \approx 12 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 12 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ pasang}} \\ 4098,3509 \text{ mm}^2 &< 4559,28 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Luasan Pasang ($A_{s'}$) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_{s'} &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 4559,28 \text{ mm}^2 \\ &= 1367,784 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{1367,784 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 3,6 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ pasang}} \\ 1367,784 \text{ mm}^2 &< 1519,76 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow$ susun lebih dari 1 lapis
Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 12D22 dan tulangan tekan 1 lapis 4D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (12 \cdot 22)}{12 - 1} \\ &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$

12 mm < 30 mm **(Tidak memenuhi)**

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (4 \cdot 22)}{4 - 1} \\ &= 102,667 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$

102,667 mm > 30 mm **(Memenuhi)**

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ($S_{\max} < 30 \text{ mm}$), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis

- Kontrol Tulangan Tarik Lapis 1

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (6 \cdot 22)}{6 - 1} \\ &= 52,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$52,8 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tarik Lapis 2

$$\text{Starik} = \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1}$$

$$= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (6 \cdot 22)}{6 - 1}$$

$$= 52,8 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$52,8 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 12 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$1519,76 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 4559,28 \text{ mm}^2$$

$$1519,76 \text{ mm}^2 \geq 1519,76 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 12D22} = 4559,30 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 4D22} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$a = \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{4559,30 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 143,036 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 1823712 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y = 1823712 \text{ N}$$

$$M_n \text{ pasang} = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d'))$$

$$= 2260457983 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n, \text{perlu}} < 0,9 \times M_{n, \text{pasang}}$$

$$948719459,3 \text{ Nmm} < 0,9 \times 2260457983 \text{ Nmm}$$

$$948719459,3 \text{ Nmm} < 2034412184 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BI (50/75) As A(1-2) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun dua lapis
 - Lapis 1 = 6D22
 - Lapis 2 = 6D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
 - Lapis 1 = 4D22

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
 $1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey$

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\ &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 687 \text{ mm} = 412,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 412,2 \text{ mm} \\ &= 309,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1530000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 3825 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 3825 \times 400 \times \left(687 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 959310000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 353526697,8 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{353526697,8 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 441908372,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 441908372,3 \text{ Nmm} - 959310000 \text{ Nmm} \\
 &= -517401628 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

- **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,024$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 1,8726 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,005$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,005 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,005 \times 500 \times 687 \\ &= 1671,935 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\ &= 1671,935 \text{ mm}^2 + 320 \text{ mm}^2 \\ &= 1991,921 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{1991,921 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \end{aligned}$$

$$= 5,242 \approx 6 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 6 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 2279,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pasang}} \\ 1991,921 \text{ mm}^2 < 2279,64 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 2279,64 \text{ mm}^2 \\ &= 683,892 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{683,892 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 1,8 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_s' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pasang}} \\ 683,892 \text{ mm}^2 < 1139,82 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 6D22 dan tulangan tekan 1 lapis 3D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (6 \cdot 22)}{6 - 1} \\ &= 52,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$53,6 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (3 \cdot 22)}{3 - 1} \\ &= 165 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$165 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) $\geq 1/3$ Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 6 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 2279,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$1139,82 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$1139,82 \text{ mm}^2 \geq 759,88 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 6D22} = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 3D22} = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{2279,64 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\ &= 71,518 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times x = 911856 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y = 911856 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &= \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\ &= 1168307240 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$M_{n\text{perlu}} < 0,9 \times M_{n\text{pasang}}$$

$$441908372,30 \text{ Nmm} < 0,9 \times 1168307240 \text{ Nmm}$$

$$441908372,30 \text{ Nmm} < 1051476516 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Maka dipasang tulangan lentur balok BI (50/75) As A(1-2) untuk daerah lapangan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 6D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 4D22

4.5.2.3 Perhitungan Penulangan Geser

Tipe Balok	= BI (50/75)
Lebar Balok (b_{balok})	= 500 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 750 mm
Bentang Bersih Balok (l_n)	= 9000 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 12 mm
Faktor β_1	= 0,85
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BI (50/75) As A(1-2), didapat:

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

As pakai tulangan tarik 12D22	= 4559,30 mm ²
As pakai tulangan tekan 4D22	= 1519,76 mm ²

$$\begin{aligned}
 a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\
 &= \left(\frac{4559,30 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\
 &= 143,036 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$M_n \text{ pasang} = \text{As tul tarik} \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned}
 &= 4559,30 \times 400 \times (689 - 143,036/2) \\
 &= 1214125609 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tulangan tarik 12D22} &= 4559,30 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai tulangan tekan 4D22} &= 1519,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\
 &= \left(\frac{1519,76 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\
 &= 47,722 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &= \text{As tul tekan} \times f_y \times (d - a/2) \\
 &= 1519,76 \times 400 \times (689 - 47,722/2) \\
 &= 404708536,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey dari analisa program SAP 2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (V_u) = 385507 N

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa
(SNI 03-2847-2013)

$$\sqrt{f_c'} < 25/3$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33$$

(Memenuhi)Kuat Geser Beton (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17\sqrt{30} \times 500 \times 687 \\ &= 319842,587 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{smin} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 500 \times 687 = 114500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 500 \times 687 = 627142,328 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{smax} &= 0,67 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,67 \times \sqrt{30} \times 500 \times 687 = 1254284,66 \text{ N} \end{aligned}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

Gaya geser diperoleh dari:

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3)

Dimana:

V_{u1} : Gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kiri)

Mnl : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kanan)

Ln : Panjang bersih balok

Maka:

$$\begin{aligned} Vu1 &= \frac{1123364256 + 403491622,1}{9000 - (2 \times 0,5 \times 700)} + 385507 \text{ N} \\ &= 569465,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Tidak memenuhi)**

$$569465,5 \text{ N} < 119941 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$119941 \text{ N} < 569466 \text{ N} < 239881,941 \text{ N}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmin)$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$239881,941 \text{ N} < 569466 \text{ N} < 325756,941 \text{ N}$$

Kondisi 4

$$\emptyset \times (Vc + Vsmin) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmax)$$

→ tulangan geser **(Memenuhi)**

$$325756,941 \text{ N} < 569466 \text{ N} < 710238,687 \text{ N}$$

Kondisi 5

$$\emptyset \times (Vc + Vsmax) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + 2Vsmax)$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sperlu}} &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \\
 &= \frac{569465,54 \text{ N} - 0,75 \times 319842,587 \text{ N}}{0,75} \\
 &= 439444,803 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 12$ mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{\text{kaki}} \\
 &= (0,25 \times \pi \times 12^2) \times 4 \\
 &= 452,389 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned}
 \text{Sperlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{452,389 \times 240 \times 687}{43944,803 \text{ N}} \\
 &= 169,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq d/2 && \text{atau} && S_{\text{max}} \leq 600 \text{ mm} \\
 100 \text{ mm} &\leq 343,5 \text{ mm} && \text{atau} && 100 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \\
 &&& && \text{(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)} && \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- c. $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- d. 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

S_{pakai}	$\leq d/4$	
100 mm	$< 172 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$	
100 mm	$< 176 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$	
100 mm	$< 288 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 300 \text{ mm}$	
100 mm	$< 300 \text{ mm}$	(Memenuhi)

Jadi, penulangan geser balok BI (50/75) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang $\emptyset 12$ -100 mm dengan sengkang 4 kaki.

2. Pada wilayah 2 (Daerah Lapangan)
Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{569465 \times (4500 - 1500)}{4500}$$

$$Vu_2 = 379643 \text{ N}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Tidak memenuhi)**
 $379643,7 \text{ N} < 119941 \text{ N}$

Kondisi 2

$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$
 → tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**
 $119941 \text{ N} < 379643,7 \text{ N} < 239881,941 \text{ N}$

Kondisi 3

$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smin})$
 → tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**
 $239881,941 \text{ N} < 379643,7 \text{ N} < 325756,941 \text{ N}$

Kondisi 4

$\emptyset \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smax})$
 → tulangan geser **(Memenuhi)**
 $325756,941 \text{ N} < 379643,7 \text{ N} < 710238,687 \text{ N}$

Kondisi 5

$\emptyset \times (V_c + V_{smax}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + 2V_{smax})$
 → tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$\begin{aligned} V_{sperlu} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\ &= \frac{379643,7 \text{ N} - 0,75 \times 319842,587 \text{ N}}{0,75} \\ &= 186349,006 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 12 \text{ mm}$ dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{kaki} \\ &= (0,25 \times \pi \times 12^2) \times 2 \\ &= 226,194 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} \text{Sperlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{226,194 \times 240 \times 687}{186349,006 \text{ N}} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq d/2 && \text{atau} && S_{\max} \leq 600 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &\leq 343,5 \text{ mm} && \text{atau} && 150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \\ &(\text{SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2}) && && (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- c. $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- d. 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq d/4 \\ 150 \text{ mm} &< 172 \text{ mm} && (\text{Memenuhi}) \\ S_{\text{pakai}} &\leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}} \\ 150 \text{ mm} &< 176 \text{ mm} && (\text{Memenuhi}) \\ S_{\text{pakai}} &\leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}} \\ 150 \text{ mm} &< 288 \text{ mm} && (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll}
 S_{\text{pakai}} & \leq 300 \text{ mm} \\
 150 \text{ mm} & < 300 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}
 \end{array}$$

Jadi, penulangan geser balok BI (50/75) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang Ø12-150 mm dengan sengkang 2 kaki.

4.5.2.4 Perhitungan Panjang Penulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12*

- Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

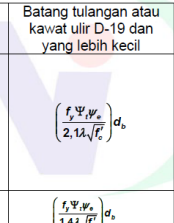
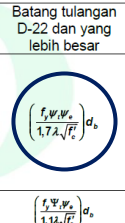
Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2*

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.1*)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut :

Tabel 4. 21 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau	 $\left(\frac{f_t \Psi_s \Psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	 $\left(\frac{f_t \Psi_s \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b		
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_t \Psi_s \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_t \Psi_s \Psi_e}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Sumber: *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2*

Dimana :

l_d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan tuntut yang digunakan

Ψ_t = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

Ψ_e = faktor pelapis, digunakan 1,5

λ = faktor beton agregat ringan digunakan nilai 1
(beton normal)

Perhitungan Panjang Penyaluran

$$\begin{aligned} l_d &= \left(\frac{f_y \times \Psi_t \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) d_b \\ &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \cdot 22 \\ &= 765,078 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat $l_d > 300 \text{ mm}$

765,078 mm > 300 mm **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{1991,922}{2279,640} \cdot 765,073 \\ &= 668,511 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka anjang penyaluran tulangan kondisi tarik 800 mm

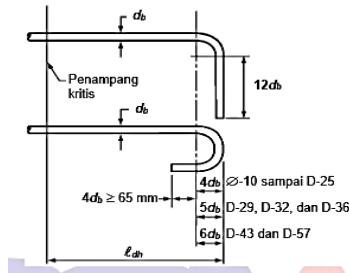
- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5*

Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.2* untuk batang tulangan ulir λ_d harus sebesar $(0,24, \psi_e \cdot f_y / \lambda \sqrt{f_c'}) / d_b$ dengan Ψ_e diambil sebesar 1,2 untuk tulangan yang dilapisi epoksi, dan λ diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya, Ψ_e dan λ harus diambil sebesar 1,0



Gambar 4. 29 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385,597 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat $l_{dh} > 150 \text{ mm}$
 $385,597 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{1991,922}{2279,640} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 336,929 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm.

Panjang kait :

$$12 \times d_b = 12 \times 22 \text{ mm} = 264 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3*

Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2* panjang penyaluran diambil terbesar dari :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385,597 \text{ mm} \end{aligned} \quad \text{Persamaan 1}$$

$$\begin{aligned} l_{dh} &= 0,034 \times f_y \times d_b \\ &= 0,034 \times 400 \times 22 \\ &= 299,2 \text{ mm} \end{aligned} \quad \text{Persamaan 2}$$

Maka penyaluran tulangan pada kondisi tekan sebesar 500 mm

Syarat $l_{dh} > 150 \text{ mm}$
 $385,597 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**



Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{683,892}{1139,82} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 231,358 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

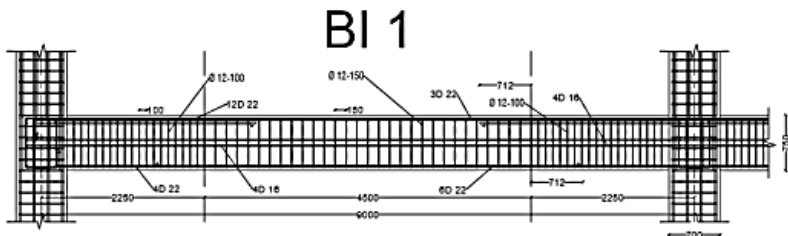
Panjang kait :

$$4 \times d_b + 4 \times d_b = 4(22) + 4(22) = 176 \text{ mm}$$

4.5.2.5 Gambar Penulangan

NOTASI	BI 1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
DIMENSI	500 X 750	500 X 750
TULANGAN ATAS	12 D 22	3 D 22
TULANGAN TENGAH	4 D 16	4 D 16
TULANGAN BAWAH	4 D 22	6 D 22
SENGKANG	Ø 12-100mm	Ø 12-150mm

Gambar 4. 30 Gambar Penulangan Balok Induk (BI 1)



Gambar 4. 31 Gambar Detail Penulangan Balok

4.5.2.6 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

1. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Memanjang

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Induk Memanjang

Lantai Ke-	Tulangan	Lentur Tumpuan Kanan	Lentur Tumpuan Kiri	Lentur Lapangan
Lantai 2 (BI 1)	Tul Tarik	12 D 22	12 D 22	6 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	3 D 22
Lantai 3 (BI 2)	Tul Tarik	8 D 22	8 D 22	5 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lantai 4 (BI 2)	Tul Tarik	8 D 22	8 D 22	5 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lantai 5 (BI 2)	Tul Tarik	8 D 22	8 D 22	5 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lantai 6 (BI 2)	Tul Tarik	8 D 22	8 D 22	5 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lt Atap (BI 3)	Tul Tarik	6 D 22	6 D 22	3 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Rooftop (BI 3)	Tul Tarik	6 D 22	6 D 22	3 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Induk Memanjang

Lantai Ke-	Torsi		Geser Tumpuan		Geser Lapangan	
Lantai 2	4	D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm
Lantai 3	2	D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm
Lantai 4	2	D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm
Lantai 5	2	D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm
Lantai 6	2	D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm
Lt Atap	2	D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm
Rooftop	2	D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Induk Memanjang

Lantai Ke-	Panjang Penyaluran					
	Tarik	Tekan	Kait	12db	4db+4db	
Lantai 2	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 3	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 4	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 5	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 6	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lt Atap	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Rooftop	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	

2. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Melintang

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Induk Melintang

Lantai Ke-	Tulangan	Lentur Tumpuan Kanan	Lentur Tumpuan Kiri	Lentur Lapangan
Lantai 2 (BI 7)	Tul Tarik	10 D 22	10 D 22	6 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lantai 3 (BI 4)	Tul Tarik	10 D 22	10 D 22	6 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lantai 4 (BI 4)	Tul Tarik	10 D 22	10 D 22	6 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lantai 5 (BI 5)	Tul Tarik	8 D 22	8 D 22	5 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lantai 6 (BI 5)	Tul Tarik	8 D 22	8 D 22	5 D 22
	Tul Tekan	4 D 22	4 D 22	2 D 22
Lt Atap (BI 6)	Tul Tarik	5 D 22	5 D 22	4 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Rooftop (BI 6)	Tul Tarik	5 D 22	5 D 22	4 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Induk Melintang

Lantai Ke-	Torsi	Geser Tumpuan			Geser Lapangan	
Lantai 2	4 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	
Lantai 3	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	
Lantai 4	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	
Lantai 5	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	
Lantai 6	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	
Lt Atap	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	
Rooftop	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	

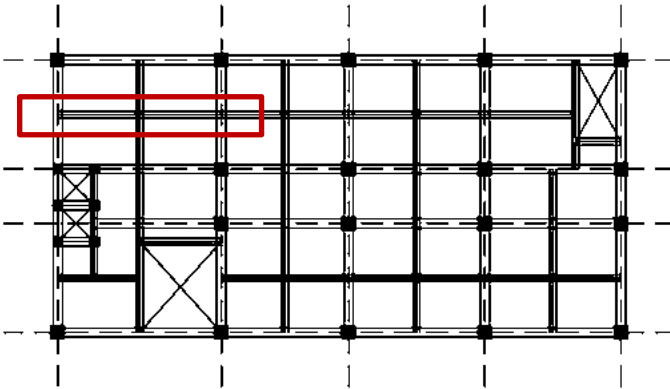
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Induk Melintang

Lantai Ke-	Panjang Penyaluran							
	Tarik		Tekan		Kait		12db	4db+4db
Lantai 2	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm		
Lantai 3	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm		
Lantai 4	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm		
Lantai 5	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm		
Lantai 6	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm		
Lt Atap	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm		
Rooftop	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm		

4.5.3 Perhitungan Balok Anak

a. Data Perencanaan

Perhitungan tulangan balok anak BA1 (35/50) As 3' [A-B] elevasi ± 3.00 . Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa program SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok sebagai berikut :



Gambar 4. 32 Denah Pembalokan (Balok Anak)

Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

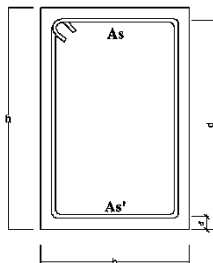
Bentang Balok (L)	= 9000 mm
Lebar Balok (b_{balok})	= 350 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 500 mm
Bentang Kolom (L_{kolom})	= 4000 mm
Lebar Kolom (b_{kolom})	= 700 mm
Tinggi Kolom (h_{kolom})	= 700 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur (f_y)	= 400 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa
Kuat Leleh Tulangan Puntir (f_{yt})	= 400 MPa

Diameter Tulangan Lentur (D_{lentur})	= 22 mm
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 10 mm
Diameter Tulangan Puntir (D_{puntir})	= 16 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar (S_{sejajar})	= 30 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]</i>	
Jarak Spasi Tulangan Antar Lapis ($S_{\text{antar lapis}}$)	= 25 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]</i>	
Tebal Selimut Beton (decking)	= 40 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]</i>	
Faktor β_1	= 0,85
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur (ϕ)	= 0,8
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Puntir (ϕ)	= 0,75
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]</i>	

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 439 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 33 Tinggi Efektif Balok anak

b. Hasil Output dan Diagram Gaya berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non-gempa

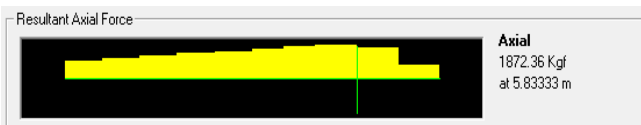
1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L$
3. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,8 W$
4. $U = 0,9 D + 1,0 W$

Kombinasi pembebanan gempa

5. $U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$
6. $U = 0,9 D + 1,0 E$

Untuk perhitungan penulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. $1,2D+1,6L$ adalah kombinasi kritis dalam permodelan.

Hasil Output Diagram Aksial

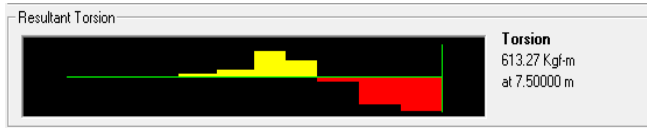


Gambar 4. 34 Diagram Aksial pada Balok

Kombinasi $1,2D+1,6L$

Gaya Aksial $= 1872,36 \text{ kg}$

Hasil Output Diagram Torsi

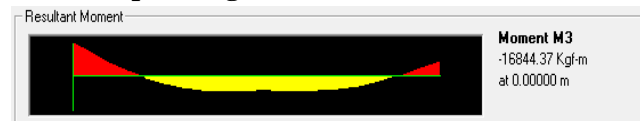


Gambar 4. 35 Diagram Torsi pada Balok

Kombinasi 1,2D+1,6L

Momen Torsi (T_u) = 613,27 kg.m

Hasil Output Diagram Momen Lentur



Gambar 4. 36 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok

Kombinasi 1,2D+1,6L



Gambar 4. 37 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok

Kombinasi 1,2D+1,6L

Momen Tumpuan Kiri = 16844,37 kg.m

Momen Tumpuan Kanan = 16844,37 kg.m

Momen Lapangan = 7566,77 kg.m

Hasil Output Diagram Gaya Geser



Gambar 4. 38 Diagram geser pada Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2, V_u diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 cm dari as kolom.

Kombinasi 1,2D+1,6L

Gaya Geser Terfaktor $V_u = 13165,01 \text{ kg}$

a. Syarat Gaya Aksial pada Balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi :

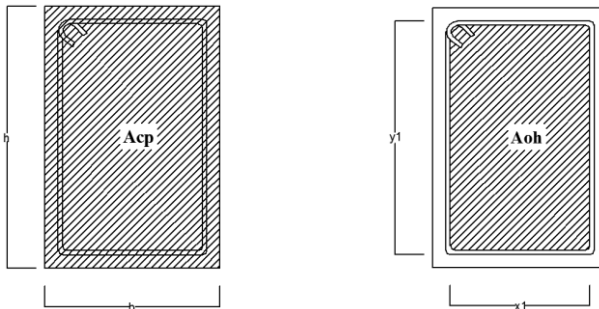
$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2}{10}$$

$$= 525000 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil analisa program SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1,6L pada komponen struktur sebesar $18723,6 \text{ N} < 525000 \text{ N}$

Periksa Kecukupan Dimensi Penampang terhadap Beban Lentur dan Puntir

Ukuran penampang balok yang dipakai : 35/50



Gambar 4. 39 Luasan Penampang Balok

Luasan yang Dibatasi oleh Keliling Luar Irisan Penampang Beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\ &= 175000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perimeter Luar Irisan Penampang Beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} \times h_{balok}) \\ &= 2 \times (350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}) \\ &= 1700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luasan Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) \times ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) \\ &= (350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \times \\ &= (500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \\ &= 100000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) + ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) \\ &= 2 \times [(350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \\ &+ (500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}))] \\ &= 1300 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.5.3.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi dari program SAP 2000 diperoleh momen puntir sebesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi 1,2D+1,6L

$$T_u = 613,27 \text{ kg.m} = 6016178,7 \text{ N.mm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{6016178,7 \text{ N.mm}}{0,75} = 8021572 \text{ N.mm}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5]

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari:

$$\begin{aligned} T_u \text{ min} &= \phi \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \\ &\quad \times \left(\frac{(175000 \text{ mm}^2)}{1300 \text{ mm}} \right) \\ &= 6142245,335 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} T_u \text{ max} &= \phi \times 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{(175000 \text{ mm}^2)}{1300 \text{ mm}} \right) \\ &= 24420975,43 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$T_{u_{\min}} > T_u$ → tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{u_{\min}} < T_u$ → memerlukan tulangan puntir

$T_{u_{\min}} > T_u$

60616178,7 N.mm > 6142245,335 N.mm

(maka tidak memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok tidak memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang (longitudinal).

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 2D16

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_{oh}}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66\sqrt{f'c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{129148,748}{350 \times 439}\right)^2 + \left(\frac{6016178,7 \times 1300}{1,7 \times 100000}\right)^2} \leq$$

$$\phi \left(\frac{0,17 \times \sqrt{30} \times 350 \times 439}{350 \times 439} + 0,66\sqrt{30}\right)$$

$$0,460 \leq 1,345$$

(Memenuhi)

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

4.5.3.2 Perhitungan Penulangan Lentur

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,6L

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) \times d$$

$$= \left(\frac{600}{600 + 400}\right) \times 439 \text{ mm} = 263,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 263,4 \text{ mm} \\ &= 197,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\ &= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1071000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1071000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 2677,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 2677,5 \times 400 \times \left(439 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ &= 405909000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{tumpuan}} = 165243269 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{165243269 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 206554087,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 206554087,1 \text{ Nmm} - 405909000 \text{ Nmm} \\ &= -199354913 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 3,0622 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,00818$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00818 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00818 \times 350 \times 439 \\ &= 1256,920 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1256,920 \text{ mm}^2 + 0 \\ &= 1256,920 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{1256,920 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 3,308 \approx 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\
 &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}}$$

$$1256,920 \text{ mm}^2 < 1899,7 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 A_{S'} &= 0,3 \times A_S \\
 &= 0,3 \times 1899,7 \text{ mm}^2 \\
 &= 569,91 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{569,91 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 1,5 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_{S'} \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}}$$

$$569,91 \text{ mm}^2 < 759,88 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{350 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (5 \cdot 22)}{5 - 1} \\ &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$35 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\ &= 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$206 \text{ mm} > 30 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di

sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 633,23 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 5D22} = 1901,43 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{1899,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \right) \\ &= 85,141 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 759880 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y = 759880 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &= \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\ &= 588473634,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$206554087,1 \text{ Nmm} < 0,9 \times 588473634,3 \text{ Nmm}$$

$$206554087,1 \text{ Nmm} < 529626270,8 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok anak BA1 (35/50) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 5D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

DAERAH TUMPUAN KIRI

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,6L

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\ &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 439 \text{ mm} = 263,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\text{max}} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 263,4 \text{ mm} \\ &= 197,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\text{min}} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,8 \times 150 \\
 &= 1071000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned}
 Asc &= \frac{Cc'}{fy} = \frac{1071000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 2677,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 Mnc &= Asc \times fy \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 2677,5 \times 400 \times \left(439 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 405909000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$\begin{aligned}
 Mu_{tumpuan} &= 165243269 \text{ Nmm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{165243269 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 206554087,1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 Mns &= Mn - Mnc \\
 &= 206554087,1 \text{ Nmm} - 405909000 \text{ Nmm} \\
 &= -199354913 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$Mns < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 3,0622 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,00818$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00818 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00818 \times 350 \times 439 \\ &= 1256,920 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\ &= 1256,920 \text{ mm}^2 + 0 \\ &= 1256,920 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{1256,920 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 3,308 \approx 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &< A_{S_{\text{pasang}}} \\
 1256,920 \text{ mm}^2 &< 1899,7 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Luasan Pasang ($A_{S'}$) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 A_{S'} &= 0,3 \times A_S \\
 &= 0,3 \times 1899,7 \text{ mm}^2 \\
 &= 569,91 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{569,91 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 1,5 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_{S' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}} \\ 569,91 \text{ mm}^2 < 759,88 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{350 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (5 \cdot 22)}{5 - 1} \\ &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$35 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\ &= 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$206 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di

sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 633,23 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 5D22} = 1901,43 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{1899,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \right) \\ &= 85,141 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 759880 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y = 759880 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &= \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\ &= 588473634,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$206554087,1 \text{ Nmm} < 0,9 \times 588473634,3 \text{ Nmm}$$

$$206554087,1 \text{ Nmm} < 529626270,8 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok anak BA1 (35/50) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 5D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,6L

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\ &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 439 \text{ mm} = 263,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\text{max}} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 263,4 \text{ mm} \\ &= 197,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\text{min}} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,8 \times 150 \\
 &= 1071000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned}
 Asc &= \frac{Cc'}{fy} = \frac{1071000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 2677,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 Mnc &= Asc \times fy \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 2677,5 \times 400 \times \left(439 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 405909000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$Mu_{lapangan} = 74230013,7 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{74230013,7 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 92787517,13 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 Mns &= Mn - Mnc \\
 &= 92787517,13 \text{ Nmm} - 405909000 \text{ Nmm} \\
 &= -313121483 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$Mns < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 1,376 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,00354$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00354 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00354 \times 350 \times 439 \\ &= 543,480 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_l}{4} \\ &= 543,480 \text{ mm}^2 + 0 \\ &= 543,480 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{543,480 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 1,43 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &< A_{S_{\text{pasang}}} \\
 543,480 \text{ mm}^2 &< 759,88 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Luasan Pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 A_{S'} &= 0,3 \times A_S \\
 &= 0,3 \times 759,88 \text{ mm}^2 \\
 &= 227,964 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{227,964 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 0,6 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_{S' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 < 227,96 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{350 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\ &= 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$206 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\ &= 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$206 \text{ mm} > 30 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat

lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 253,29 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{759,88 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \right) \\ &= 34,056 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 303952 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y = 303952 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &= \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\ &= 2431530521,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$92787517,13 \text{ Nmm} < 0,9 \times 2431530521,9 \text{ Nmm}$$

$$92787517,13 \text{ Nmm} < 218837746,7 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok anak BA1 (35/50) untuk daerah lapangan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

4.5.3.3 Perhitungan Penulangan Geser

Tipe Balok	= BA1 (35/50)
Lebar Balok (b_{balok})	= 350 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 500 mm
Bentang Bersih Balok (l_n)	= 9000 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 10 mm
Faktor β_1	= 0,85
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BA1 (35/50) didapat:

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

As pakai tulangan tarik 5D22	= 1901,43 mm ²
As pakai tulangan tekan 2D22	= 760,571 mm ²

$$a = \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{1901,43 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 85,218 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &= A_s \text{ tul tarik} \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 1901,43 \times 400 \times (439 - 85,218/2) \\ &= 311483636 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik 5D22} &= 1901,43 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan 2D22} &= 760,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a = \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{760,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 34,087 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &= A_s \text{ tul tarik} \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 760,571 \times 400 \times (439 - 34,087/2) \\ &= 128371187,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1,6L dari analisa program SAP 2000 didapatkan :

$$\text{Gaya geser terfaktor (Vu)} = 129148,748 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (*SNI 03-2847-2013*)

$$\sqrt{f_c'} < 25/3$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33$$

(Memenuhi)

Kuat Geser Beton (*SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1*)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17\sqrt{30} \times 350 \times 439 \\ &= 143067,9 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{smin} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 350 \times 439 = 51216,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 350 \times 439 = 280525,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,67 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,67 \times \sqrt{30} \times 350 \times 439 = 280525,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

Gaya geser diperoleh dari:

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3)

Dimana:

V_{u1} : Gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kiri)

M_{nr} : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kanan)

L_n : Panjang bersih balok

Maka:

$$V_{u1} = \frac{301483636 + 128371187,5}{9000 - (2 \times 0,5 \times 700)} + 129148,8 \text{ N}$$

$$= 180938,49 \text{ N}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Tidak memenuhi)**

$$180938,49 \text{ N} < 53650,5 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$53650,5 \text{ N} < 180938,49 \text{ N} < 10730,9 \text{ N}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smin})$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$10730,9 \text{ N} < 180938,49 \text{ N} < 145713,4 \text{ N}$$

Kondisi 4

$$\emptyset \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smax})$$

→ tulangan geser **(Memenuhi)**

$$145713,4 \text{ N} < 180938,49 \text{ N} < 317694,8 \text{ N}$$

Kondisi 5

$$\emptyset \times (V_c + V_{smax}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + 2V_{smax})$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$V_{sperlu} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$= \frac{180938,49 \text{ N} - 0,75 \times 145713,4 \text{ N}}{0,75}$$

$$= 98183,444 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{kaki}$$

$$= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 2$$

$$= 157,080 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s \text{ perlu}}}$$

$$= \frac{157,080 \times 240 \times 439}{98183,444 \text{ N}}$$

$$= 168,6 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$S_{max} \leq d/2 \quad \text{atau} \quad S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 219,5 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad 100 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2) (Memenuhi)

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- c. $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- d. 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

S_{pakai}	$\leq d/4$	
100 mm	< 110 mm	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$	
100 mm	< 176 mm	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$	
100 mm	< 240 mm	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 300 \text{ mm}$	
100 mm	< 300 mm	(Memenuhi)

Jadi, penulangan geser balok BB1 (35/50) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang $\emptyset 10$ -100 mm dengan sengkang 2 kaki.

2. Pada wilayah 2 (Daerah Lapangan)
Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{Vu2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu1}{0,5ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5l_n - 2h)}{0,5l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{180938,49 \text{ N} \times (4500 - 1000)}{4500}$$

$$V_{u2} = 140729,9334 \text{ N}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$$

→ tidak perlu tulangan geser (**Tidak memenuhi**)

$$140729,9334 \text{ N} < 53650,5 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

→ tulangan geser minimum (**Tidak memenuhi**)

$$53650,5 \text{ N} < 140729,9334 \text{ N} < 107300,9 \text{ N}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smin})$$

→ tulangan geser minimum (**Tidak memenuhi**)

$$107300,9 \text{ N} < 140729,9334 \text{ N} < 145713,4 \text{ N}$$

Kondisi 4

$$\emptyset \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smax})$$

$$145713,4 \text{ N} < 140729,9334 \text{ N} < 317694,8 \text{ N}$$

→ tulangan geser (**Memenuhi**)

Kondisi 5

$$\emptyset \times (V_c + V_{smax}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + 2V_{smax})$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$V_{sperlu} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{140729,9334 \text{ N} - 0,75 \times 145713,4 \text{ N}}{0,75} \\
 &= 44572,0406 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{\text{kaki}} \\
 &= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 2 \\
 &= 157,080 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned}
 \text{Sperlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{157,080 \times 240 \times 439}{44572,0406 \text{ N}} \\
 &= 371 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq d/2 && \text{atau} && S_{\text{max}} \leq 600 \text{ mm} \\
 100 \text{ mm} &\leq 219,5 \text{ mm} && \text{atau} && 100 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \\
 &&& \text{(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)} && \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- c. $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$

d. 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

$S_{\text{pakai}} \leq d/4$
 100 mm < 110 mm (Memenuhi)

$S_{\text{pakai}} \leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
 100 mm < 176 mm (Memenuhi)

$S_{\text{pakai}} \leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
 100 mm < 240 mm (Memenuhi)

$S_{\text{pakai}} \leq 300$ mm
 100 mm < 300 mm (Memenuhi)

Jadi, penulangan geser balok BB1 (35/50) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang Ø10-100 mm dengan sengkang 2 kaki.

4.5.3.4 Perhitungan Panjang Penulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12*

- Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2*

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.1*)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut :

Tabel 4. 28 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,4\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Sumber: SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2

Dimana :

l_d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan tentur yang digunakan

Ψ_t = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

Ψ_e = faktor pelapis, digunakan 1,5

λ = faktor beton agregat ringan digunakan nilai 1 (beton normal)

Perhitungan Panjang Penyaluran

$$\begin{aligned}
 l_d &= \left(\frac{f_y \times \psi_t \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) d_b \\
 &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \cdot 22 \\
 &= 765,073 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat $l_d > 300 \text{ mm}$

765,073 mm > 300 mm **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

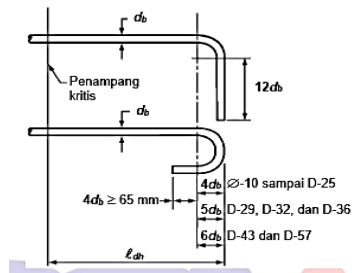
$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\
 &= \frac{543,480}{759,880} \cdot 765,073 \\
 &= 547,194 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan kondisi tarik 800 mm

- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik
Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5*
Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.2* untuk batang tulangan ulir λ_d harus sebesar $(0,24, \psi_e \cdot f_y / \lambda \sqrt{f_c'}) / d_b$ dengan Ψ_e diambil sebesar 1,2 untuk tulangan yang dilapisi epoksi, dan λ diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya, Ψ_e dan λ harus diambil sebesar 1,0



Gambar 4. 40 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385,597 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat $l_{dh} > 150 \text{ mm}$
385,597 mm > 150 mm **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{543,480}{759,880} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 275,786 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm.

Panjang kait :

$$12 \times d_b = 12 \times 22 \text{ mm} = 264 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3*

Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2* panjang penyaluran diambil terbesar dari :

$$\begin{aligned}l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\frac{\lambda \times \sqrt{f_c'}}{1,0 \times 400}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385,597 \text{ mm} \qquad \text{Persamaan 1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_{dh} &= 0,034 \times f_y \times d_b \\ &= 0,034 \times 400 \times 22 \\ &= 299,2 \text{ mm} \qquad \text{Persamaan 2}\end{aligned}$$

Maka penyaluran tulangan pada kondisi tekan sebesar 500mm

$$\begin{aligned}\text{Syarat } l_{dh} &> 150 \text{ mm} \\ 385,597 \text{ mm} &> 150 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{227,964}{759,880} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 115,679 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

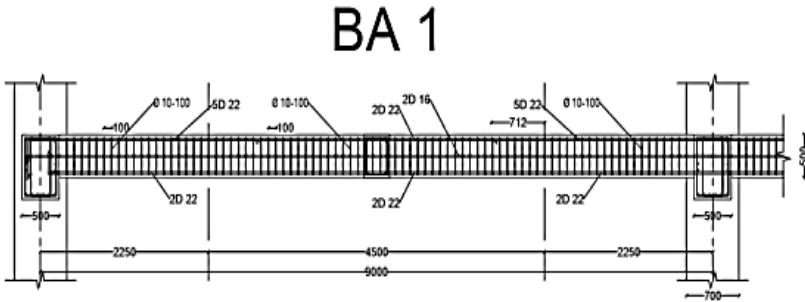
Panjang kait :

$$4 \times d_b + 4 \times d_b = 4(22) + 4(22) = 176 \text{ mm}$$

4.5.3.5 Gambar Penulangan

NOTASI	BA 1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
DIMENSI	350 X 500	350 X 500
TULANGAN ATAS	5 D 22	2 D 22
TULANGAN TENGAH	2 D 16	2 D 16
TULANGAN BAWAH	2 D 22	2 D 22
SENGKANG	Ø 10-100mm	Ø 10-100mm

Gambar 4. 41 Gambar Penulangan Balok Anak (BA 1)



Gambar 4. 42 Gambar Detail Penulangan Balok

4.5.3.6 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

1. Rekapitulasi Penulangan Balok Anak Memanjang

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Anak Memanjang

Lantai Ke-	Tulangan	Lentur Tumpuan Kanan		Lentur Tumpuan Kiri		Lentur Lapangan	
Lantai 2 (BA 1)	Tul Tarik	5	D 22	5	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
Lantai 3 (BA 1)	Tul Tarik	5	D 22	5	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
Lantai 4 (BA 1)	Tul Tarik	5	D 22	5	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
Lantai 5 (BA 2)	Tul Tarik	4	D 22	4	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
Lantai 6 (BA 2)	Tul Tarik	4	D 22	4	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
Lt Atap (BA 3)	Tul Tarik	3	D 22	3	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
Rooftop (BA 3)	Tul Tarik	3	D 22	3	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22

Tabel 4. 30 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Anak Memanjang

Lantai Ke-	Torsi	Geser Tumpuan	Geser Lapangan
Lantai 2	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm
Lantai 3	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm
Lantai 4	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm
Lantai 5	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm
Lantai 6	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm
Lt Atap	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm
Rooftop	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm

Tabel 4. 31 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Anak Memanjang

Lantai Ke-	Panjang Penyaluran					
	Tekan	Tarik	Kait	12db	4db+4db	
Lantai 2	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 3	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 4	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 5	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 6	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lt Atap	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Rooftop	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm	

2. Rekapitulasi Penulangan Balok Anak Melintang

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Anak Melintang

Lantai Ke-	Tulangan	Lentur Tumpuan Kanan	Lentur Tumpuan Kiri	Lentur Lapangan
Lantai 2 (BA 4)	Tul Tarik	5 D 22	5 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Lantai 3 (BA 4)	Tul Tarik	5 D 22	5 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Lantai 4 (BA 4)	Tul Tarik	5 D 22	5 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Lantai 5 (BA 5)	Tul Tarik	4 D 22	4 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Lantai 6 (BA 5)	Tul Tarik	4 D 22	4 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Lt Atap (BA 6)	Tul Tarik	2 D 22	2 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Rooftop (BA 6)	Tul Tarik	2 D 22	2 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22

Tabel 4. 33 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Anak Melintang

Lantai Ke-	Torsi	Geser Tumpuan		Geser Lapangan	
Lantai 2	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm
Lantai 3	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm
Lantai 4	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm
Lantai 5	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm
Lantai 6	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm
Lt Atap	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm
Rooftop	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm

Tabel 4. 34 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Anak Melintang

Lantai Ke-	Panjang Penyaluran						
	Tekan		Tarik		Kait	12db	4db+4db
Lantai 2	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 3	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 4	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 5	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lantai 6	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Lt Atap	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm	
Rooftop	800 mm	500 mm	400 mm	400 mm	264 mm	176 mm	

4.5.4 Perhitungan Balok Bordes

a. Data Perencanaan

Perhitungan tulangan balok bordes tangga Utama BB1 (35/50) elevasi ± 5.00 . Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa program SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM.

Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

Tipe Balok	= BB2
Frame Balok	= 647
Bentang Balok (L)	= 9000 mm
Lebar Balok (b_{balok})	= 350 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 500 mm
Bentang Kolom (L_{kolom})	= 4000 mm
Lebar Kolom (b_{kolom})	= 700 mm
Tinggi Kolom (h_{kolom})	= 700 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur (f_y)	= 400 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa
Kuat Leleh Tulangan Puntir (f_{yt})	= 400 MPa
Diameter Tulangan Lentur (D_{lentur})	= 22 mm
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 10 mm
Diameter Tulangan Puntir (D_{puntir})	= 16 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar (S_{sejajar})	= 30 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]</i>	
Jarak Spasi Tulangan Antar Lapis ($S_{\text{antar lapis}}$)	= 25 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]</i>	
Tebal Selimut Beton (decking)	= 40 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]</i>	
Faktor β_1	= 0,85
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur (ϕ)	= 0,8
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]

Faktor Reduksi Kekuatan Puntir (ϕ)

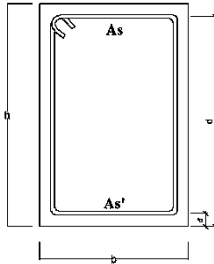
= 0,75

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \varnothing_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 439 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \varnothing_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 43 Tinggi Efektif Balok anak

b. Hasil Output dan Diagram Gaya berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non-gempa

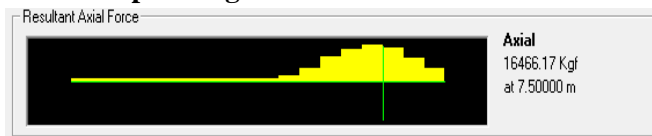
1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L$
3. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,8 W$
4. $U = 0,9 D + 1,0 W$

Kombinasi pembebanan gempa

5. $U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$
6. $U = 0,9 D + 1,0 E$

Untuk perhitungan penulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. $1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey$ adalah kombinasi kritis dalam permodelan.

Hasil Output Diagram Aksial



Gambar 4. 44 Diagram Aksial pada Balok

Kombinasi $1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey$

Gaya Aksial = 16466,17 kg

Hasil Output Diagram Torsi

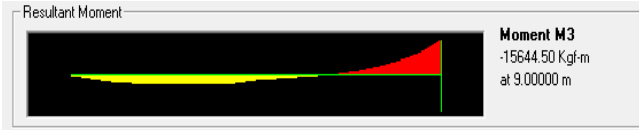


Gambar 4. 45 Diagram Torsi pada Balok

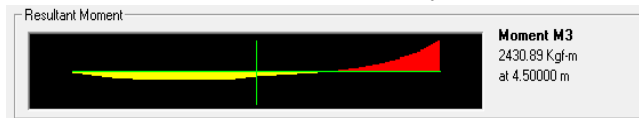
Kombinasi $1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey$

Momen Torsi (T_u) = 1322,70 kg.m

Hasil Output Diagram Momen Lentur



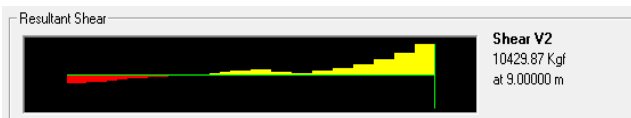
Gambar 4. 46 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok
Kombinasi 1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey



Gambar 4. 47 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok
Kombinasi 1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey

Momen Tumpuan Kiri	= 15644,50	kg.m
Momen Tumpuan Kanan	= 15644,50	kg.m
Momen Lapangan	= 2430,89	kg.m

Hasil Output Diagram Gaya Geser



Gambar 4. 48 Diagram geser pada Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2, V_u diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 cm dari as kolom.

Kombinasi 1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey

Gaya Geser Terfaktor V_u = 10429,87 kg

c. Syarat Gaya Aksial pada Balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2),

bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi :

$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2}{10}$$

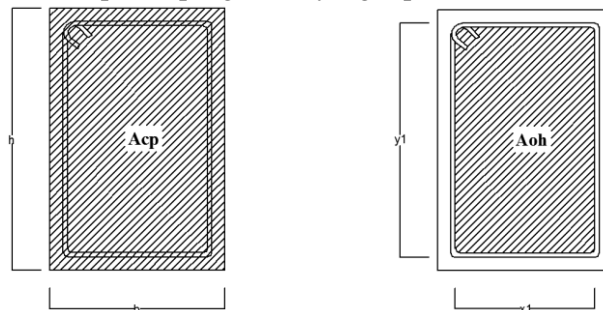
$$= 525000 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil analisa program SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey pada komponen struktur sebesar

$$164661,7 \text{ N} < 525000 \text{ N}$$

Periksa Kecukupan Dimensi Penampang terhadap Beban Lentur dan Puntir

Ukuran penampang balok yang dipakai : 35/50



Gambar 4. 49 Luasan Penampang Balok

Luasan yang Dibatasi oleh Keliling Luar Irisan Penampang Beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$= 350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$= 175000 \text{ mm}^2$$

Perimeter Luar Irisan Penampang Beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} \times h_{balok})$$

$$= 2 \times (350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm})$$

$$= 1700 \text{ mm}$$

Luasan Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) \times ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser})) \\
 &= (350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \times \\
 &\quad (500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \\
 &= 100000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) + ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}))] \\
 &= 2 \times [(350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \\
 &\quad + (500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}))] \\
 &= 1300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.5.4.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi dari program SAP 2000 diperoleh momen puntir sebesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi 1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey

$$T_u = 1322,70 \text{ kg.m} = 12975687 \text{ N.mm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{12975687 \text{ N.mm}}{0,75} = 17300916 \text{ N.mm}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5]

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari:

$$\begin{aligned}
 T_u \text{ min} &= \phi \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \\
 &\quad \times \left(\frac{(175000 \text{ mm}^2)}{1300 \text{ mm}} \right) \\
 &= 6142245,335 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum
Tu dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} Tu_{\max} &= \phi \times 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{(175000 \text{ mm}^2)}{1300 \text{ mm}} \right) \\ &= 24420975,43 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]**Cek Pengaruh Momen Puntir**

Syarat :

$Tu_{\min} > Tu$ → tidak memerlukan tulangan puntir

$Tu_{\min} < Tu$ → memerlukan tulangan puntir

$Tu_{\min} > Tu$

12975687 N.mm > 6142245,335 N.mm

(maka memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir
berupa tulangan memanjang (longitudinal).

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\begin{aligned} \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_{oh}} \right)^2} &\leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \\ \sqrt{\left(\frac{102317,02}{350 \times 439} \right)^2 + \left(\frac{12975687 \times 1300}{1,7 \times 100000} \right)^2} &\leq \\ \phi \left(\frac{0,17 \times \sqrt{30} \times 350 \times 439}{350 \times 439} + 0,66 \sqrt{30} \right) & \\ 0,46 \leq 1,345 & \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7]

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6]

Dimana:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \phi = 17300916 \text{ Nmm}$$

Untuk beton non-prategang $\phi = 45^\circ$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 85000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{17300916 \text{ N} \cdot \text{mm}}{2 \times 85000 \times 400 \times 0,617} \\ &= 0,412112 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \phi$$

$$\begin{aligned} A_l &= 0,412 \cdot 1300 \cdot 1 \cdot 0,381 \\ &= 204,1967 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung diambil dengan ketentuan tidak kurang dari:

$$\begin{aligned} A_{l \text{ min}} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \left(\frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{F_{yt}}{F_y} \\ &= 1006,44 - 535,745 \\ &= 470,695 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan,

$$\frac{At}{s} \geq 0,175 \frac{bw}{fyt}$$

$$0,4121 \geq 0,175 \frac{350}{400}$$

$$0,4121 \geq 0,1531$$

(Memenuhi)

Maka diambil nilai $At/s = 0,4121$

Kontrol:

$A_{l\text{perlu}} \geq A_{l\text{min}}$ maka gunakan $A_{l\text{perlu}}$

$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}}$ maka gunakan $A_{l\text{min}}$

$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}}$

$$204,1967 \text{ mm}^2 < 470,6950 \text{ mm}^2$$

(maka gunakan $A_{l\text{min}}$)

Maka diperlukan tulangan puntir sebesar $470,6950 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata keempat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{470,6950 \text{ mm}^2}{4} = 118 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan punter sebesar 235 mm^2

Pada sisi kanan dan kiri = dipasang luasan tulangan puntir sebesar:

$$2 \times \frac{Al}{4} = 2 \times \frac{1417,815 \text{ mm}^2}{4} = 235 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

Direncanakan tulangan diameter 16 mm

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan D puntir}}$$

$$n = \frac{235 \text{ mm}^2}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2}$$

$$= 1,17 \text{ mm}^2 \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan puntir 2D16

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$A_s = n \times \text{Luasan D puntir}$$

$$= 2 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$401,92 \text{ mm}^2 \geq 235 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 2D16

4.5.4.2 Perhitungan Penulangan Lentur

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 439 \text{ mm} = 263,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 263,4 \text{ mm}$$

$$= 197,6 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1071000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1071000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 2677,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 2677,5 \times 400 \times \left(439 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ &= 405909000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 153472545 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{153472545 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 191840681,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 191840681,3 \text{ Nmm} - 405909000 \text{ Nmm}$$

$$= -214068319 \text{ Nmm}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

- Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 2,844 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,00756$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00756 < 0,0244 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00756 \times 350 \times 439$$

$$= 1161,331 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1161,331 \text{ mm}^2 + 118 \text{ mm}^2 \\ &= 1279,005 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{1279,005 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 3,366 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \emptyset \text{ lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pasang}} \\ 1279,005 \text{ mm}^2 < 1519,76 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 1519,76 \text{ mm}^2 \\ &= 455,928 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{455,928 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 1,2 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_s' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s_{\text{perlu}}} < A_{s_{\text{pasang}}}$$

$$455,93 \text{ mm}^2 < 759,88 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 4D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{ geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{350 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (4 \cdot 22)}{4 - 1} \\
 &= 54 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$54 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{ geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\
 &= 206 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$206 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 506,59 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 4D22} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{1519,76 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \right) \\ &= 68,112 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 607904 \text{ N}$$

$$Cs' = \text{As pakai} \times f_y = 607904 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= 475954639,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$M_{n_{\text{perlu}}} < 0,9 \times M_{n_{\text{pasang}}}$$

$$191840681,3 \text{ Nmm} < 0,9 \times 475954639,5 \text{ Nmm}$$

$$191840681,3 \text{ Nmm} < 428359175,6 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BB Tangga Utama (35/50) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 4D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

DAERAH TUMPUAN KIRI

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\
 &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 439 \text{ mm} = 263,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}
 X_{\text{max}} &= 075 \times X_b \\
 &= 075 \times 263,4 \text{ mm} \\
 &= 197,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned}
 X_{\text{min}} &= d' \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\ &= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1071000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned} Asc &= \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1071000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 2677,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= Asc \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 2677,5 \times 400 \times \left(439 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ &= 405909000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{tumpuan}} = 153472545 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{153472545 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 191840681,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 191840681,3 \text{ Nmm} - 405909000 \text{ Nmm} \\ &= -214068319 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 2,844 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,00756$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00756 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00756 \times 350 \times 439 \\ &= 1161,331 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1161,331 \text{ mm}^2 + 118 \text{ mm}^2 \\ &= 1279,005 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{1279,005 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 3,366 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\
 &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1519,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &< A_{S_{\text{pasang}}} \\
 1279,005 \text{ mm}^2 &< 1519,76 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Luasan Pasang ($A_{S'}$) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 A_{S'} &= 0,3 \times A_S \\
 &= 0,3 \times 1519,76 \text{ mm}^2 \\
 &= 455,928 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{455,928 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 1,2 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_{S'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}} \\ 455,93 \text{ mm}^2 < 759,88 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 4D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{350 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (4 \cdot 22)}{4 - 1} \\ &= 54 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$54 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\ &= 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$206 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun

kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 506,59 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 4D22} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{1519,76 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \right) \\ &= 68,112 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 607904 \text{ N}$$

$$Cs' = \text{As pakai} \times f_y = 607904 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= 475954639,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$191840681,3 \text{ Nmm} < 0,9 \times 475954639,5 \text{ Nmm}$$

$$191840681,3 \text{ Nmm} < 428359175,6 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BB Tangga Utama (35/50) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 4D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\ &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 439 \text{ mm} = 263,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\text{max}} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 263,4 \text{ mm} \\ &= 197,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\text{min}} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,8 \times 150 \\
 &= 1071000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned}
 Asc &= \frac{Cc'}{fy} = \frac{1071000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 2677,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 Mnc &= Asc \times fy \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 2677,5 \times 400 \times \left(439 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 405909000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$Mu_{\text{lapangan}} = 23847030,9 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{23847030,9 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 29808788,63 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 Mns &= Mn - Mnc \\
 &= 29808788,63 \text{ Nmm} - 405909000 \text{ Nmm} \\
 &= -376100211 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$Mns < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 2,844 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,00756$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00756 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 350 \times 439 \\ &= 537,775 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\ &= 537,775 \text{ mm}^2 + 118 \text{ mm}^2 \\ &= 655,448 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{655,448 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 1,73 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &< A_{s_{\text{pasang}}} \\
 655,448 \text{ mm}^2 &< 759,88 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Luasan Pasang ($A_{s'}$) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 A_{s'} &= 0,3 \times A_s \\
 &= 0,3 \times 759,88 \text{ mm}^2 \\
 &= 227,964 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{227,964 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 0,6 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}} \\ 759,88 \text{ mm}^2 < 227,96 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{350 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\ &= 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$206 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\ &= 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$206 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di

sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 253,29 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{759,88 \times 400}{0,85 \times 30 \times 350} \right) \\ &= 34,056 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 303952 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y = 303952 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &= \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\ &= 2431530521,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$29808788,63 \text{ Nmm} < 0,9 \times 2431530521,9 \text{ Nmm}$$

$$29808788,63 \text{ Nmm} < 218837746,7 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BB Tangga Utama (35/50) untuk daerah lapangan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

4.5.4.3 Perhitungan Penulangan Geser

Tipe Balok	= BB1 (35/50)
Lebar Balok (b_{balok})	= 350 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 500 mm
Bentang Bersih Balok (l_n)	= 9000 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 10 mm
Faktor β_1	= 0,85
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BB1 (35/50) didapat:

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pakai tulangan tarik 4D22} = 1521,14 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 760,571 \text{ mm}^2$$

$$a = \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{1521,14 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 68,174 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &= A_s \text{ tul tarik} \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 1521,14 \times 400 \times (439 - 68,174/2) \\ &= 246372064,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai tulangan tarik 4D22} &= 1521,14 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ pakai tulangan tekan 2D22} &= 760,571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a = \left(\frac{A_s \text{ pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{760,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 34,087 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &= A_s \text{ tul tarik} \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 760,571 \times 400 \times (439 - 34,087/2) \\ &= 128371187,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1,0L+0,3Ex+1,0Ey dari analisa program SAP 2000 didapatkan :

$$\text{Gaya geser terfaktor } (V_u) = 102317 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (*SNI 03-2847-2013*)

$$\sqrt{f_c'} < 25/3$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33$$

(Memenuhi)

Kuat Geser Beton (*SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1*)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17\sqrt{30} \times 350 \times 439 \\ &= 143067,9 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{smin} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 350 \times 439 = 51216,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 350 \times 439 = 280525,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,67 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,67 \times \sqrt{30} \times 350 \times 439 = 280525,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

Gaya geser diperoleh dari:

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3)

Dimana:

$Vu1$: Gaya geser pada muka perletakan

$Mn1$: Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$Mn1$: Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

Ln : Panjang bersih balok

Maka:

$$\begin{aligned} Vu1 &= \frac{246372064,2 + 128371187,5}{9000 - (2 \times 0,5 \times 700)} + 102317,0 \text{ N} \\ &= 147466,81 \text{ N} \end{aligned}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Tidak memenuhi)**

$$147466,81 \text{ N} < 53650,5 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$53650,5 \text{ N} < 147466,81 \text{ N} < 10730,9 \text{ N}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmin)$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$10730,9 \text{ N} < 147466,81 \text{ N} < 145713,4 \text{ N}$$

Kondisi 4

$$\emptyset \times (Vc + Vsmin) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmax)$$

→ tulangan geser **(Memenuhi)**

$$145713,4 \text{ N} < 147466,81 \text{ N} < 317694,8 \text{ N}$$

Kondisi 5

$$\emptyset \times (Vc + Vs_{\max}) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + 2Vs_{\max})$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$\begin{aligned} Vs_{\text{perlu}} &= \frac{Vu - \emptyset Vc}{\emptyset} \\ &= \frac{147466,81 \text{ N} - 0,75 \times 145713,4 \text{ N}}{0,75} \\ &= 53554,55 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} Av &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{\text{kaki}} \\ &= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 2 \\ &= 157,080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{Av \times f_{yv} \times d}{Vs_{\text{perlu}}} \\ &= \frac{157,080 \times 240 \times 439}{53554,55 \text{ N}} \\ &= 218,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser BerdasarkanKondisi 4

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq d/2 && \text{atau} && S_{\max} \leq 600 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &\leq 219,5 \text{ mm} && \text{atau} && 100 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \\ &&& && \text{(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)} && \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- c. $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- d. 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

S_{pakai}	$\leq d/4$	
100 mm	$< 110 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$	
100 mm	$< 176 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$	
100 mm	$< 240 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 300 \text{ mm}$	
100 mm	$< 300 \text{ mm}$	(Memenuhi)

Jadi, penulangan geser balok BB1 (35/50) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang $\emptyset 10$ -100 mm dengan sengkang 2 kaki.

2. Pada wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{Vu2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu1}{0,5ln}$$

$$Vu2 = \frac{Vu1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu2 = \frac{147466,81 \text{ N} \times (4500 - 1000)}{4500}$$

$$Vu2 = 114696,411 \text{ N}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

→ tidak perlu tulangan geser (**Tidak memenuhi**)

$$114696,411 \text{ N} < 53650,5 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

→ tulangan geser minimum (**Tidak memenuhi**)

$$53650,5 \text{ N} < 114696,411 \text{ N} < 107300,9 \text{ N}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmin)$$

→ tulangan geser minimum (**Memenuhi**)

$$107300,9 \text{ N} < 114696,411 \text{ N} < 145713,4 \text{ N}$$

Kondisi 4

$$\emptyset \times (Vc + Vsmin) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmax)$$

→ tulangan geser

Kondisi 5

$$\emptyset \times (Vc + Vsmax) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + 2Vsmax)$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 3**

$$Vsperlu = Vsmin$$

$$= 51216,667$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{\text{kaki}} \\ &= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 2 \\ &= 157,080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} \text{Sperlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157,080 \times 240 \times 439}{51216,67 \text{ N}} \\ &= 323 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 3

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq d/2 && \text{atau} && S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &\leq 219,5 \text{ mm} && \text{atau} && 100 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \\ &&& && \text{(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)} && \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq d/4 \\ 100 \text{ mm} &< 110 \text{ mm} && \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$$

$$100 \text{ mm} < 176 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$$

$$100 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Jadi, penulangan geser balok BB1 (35/50) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang Ø10-100 mm dengan sengkang 2 kaki.

4.5.4.4 Perhitungan Panjang Penulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12*

- Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2*

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.1*)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut :

Tabel 4. 35 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang ℓ_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{2,1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1,7\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1,4\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1,1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1,4\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1,1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Sumber: *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2*

Dimana :

l_d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan tumpul yang digunakan

Ψ_t = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

Ψ_e = faktor pelapis, digunakan 1,5

λ = faktor beton agregat ringan digunakan nilai 1
(beton normal)

Perhitungan Panjang Penyaluran

$$\begin{aligned} l_d &= \left(\frac{f_y \times \Psi_t \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) d_b \\ &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \cdot 22 \\ &= 765,073 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat $l_d > 300 \text{ mm}$
 $765,073 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

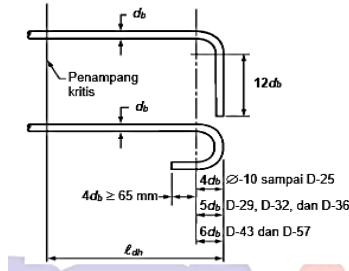
Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As pasang}} l_d \\ &= \frac{655,449}{759,880} \cdot 765,073 \\ &= 659,928 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka anjang penyaluran tulangan kondisi tarik 800 mm

- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik
Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5*
Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm
(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.2* untuk batang tulangan ulir λ_d harus sebesar $(0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y / \lambda \sqrt{f_c'}) / d_b$ dengan Ψ_e diambil sebesar 1,2 untuk tulangan yang dilapisi epoksi, dan λ diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya, Ψ_e dan λ harus diambil sebesar 1,0



Gambar 4. 50 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385,597 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat $l_{dh} > 150 \text{ mm}$
 $385,597 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \lambda_d \\ &= \frac{655,449}{759,880} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 332,604 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm.

Panjang kait :

$$12 \times d_b = 12 \times 22 \text{ mm} = 264 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3*

Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2* panjang penyaluran diambil terbesar dari :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385,597 \text{ mm} \end{aligned} \quad \text{Persamaan 1}$$

$$\begin{aligned} l_{dh} &= 0,034 \times f_y \times d_b \\ &= 0,034 \times 400 \times 22 \\ &= 299,2 \text{ mm} \end{aligned} \quad \text{Persamaan 2}$$

Maka penyaluran tulangan pada kondisi tekan sebesar 500 mm

$$\begin{aligned} \text{Syarat } l_{dh} &> 150 \text{ mm} \\ 385,597 \text{ mm} &> 150 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{227,964}{759,880} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 115,679 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang kait :

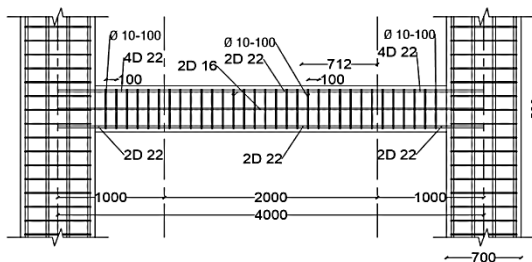
$$4 \times d_b + 4 \times d_b = 4(22) + 4(22) = 176 \text{ mm}$$

4.5.4.5 Gambar Penulangan

NOTASI	BB 1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
DIMENSI	350 X 500	350 X 500
TULANGAN ATAS	4 D 22	2 D 22
TULANGAN TENGAH	2 D 16	2 D 16
TULANGAN BAWAH	2 D 22	2 D 22
SENGKANG	Ø 10-100mm	Ø 10-100mm

Gambar 4. 51 Gambar Penulangan Balok Bordes (BB 1)

BB 1



Gambar 4. 52 Gambar Detail Penulangan Balok

4.5.4.6 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Bordes

Balok Bordes	Tulangan	Lentur Tumpuan Kanan		Lentur Tumpuan Kiri		Lentur Lapangan	
Tangga Masuk	Tul Tarik	4	D 22	4	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
Tangga Utama	Tul Tarik	4	D 22	4	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
Tangga Darurat	Tul Tarik	5	D 22	5	D 22	3	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22

Tabel 4. 37 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Bordes

Balok Bordes	Torsi	Geser Tumpuan		Geser Lapangan	
Tangga Masuk	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm
Tangga Utama	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm
Tangga Darurat	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	100 mm

Tabel 4. 38 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Bordes

Balok Bordes	Panjang Penyaluran				
	Tekan	Tarik	Kait	12db	4db+4db
Tangga Masuk	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm
Tangga Utama	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm
Tangga Darurat	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm

4.5.5 Perhitungan Balok Lift

a. Data Perencanaan

Perhitungan tulangan balok lift BL (50/75) Frame 666 elevasi ± 23.00 . Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa program SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok sebagai berikut :

Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

Tipe Balok	= BL(50/75)
Frame Balok	= 666
Bentang Balok (L)	= 2000 mm
Lebar Balok (b_{balok})	= 500 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 750 mm
Bentang Kolom (L_{kolom})	= 4000 mm
Lebar Kolom (b_{kolom})	= 700 mm
Tinggi Kolom (h_{kolom})	= 700 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur (f_y)	= 400 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa
Kuat Leleh Tulangan Puntir (f_{yt})	= 400 MPa
Diameter Tulangan Lentur (D_{lentur})	= 22 mm
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 10 mm
Diameter Tulangan Puntir (D_{puntir})	= 16 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar (S_{sejajar})	= 30 mm
[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]	
Jarak Spasi Tulangan Antar Lapis ($S_{\text{antar lapis}}$)	= 25 mm
[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]	
Tebal Selimut Beton (decking)	= 40 mm
[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]	
Faktor β_1	= 0,85
[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]	
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur (ϕ)	= 0,8

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]

Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ) = 0,75

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]

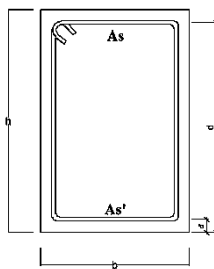
Faktor Reduksi Kekuatan Puntir (ϕ) = 0,75

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 689 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \phi_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 53 Tinggi Efektif Balok

b. Hasil Output dan Diagram Gaya berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari

kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non-gempa

5. $U = 1,4 D$

6. $U = 1,2 D + 1,6 L$

7. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,8 W$

8. $U = 0,9 D + 1,0 W$

Kombinasi pembebanan gempa

3. $U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$

4. $U = 0,9 D + 1,0 E$

Untuk perhitungan penulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. $1,2D+1,6L+0,5R$ adalah kombinasi kritis dalam permodelan.

Hasil Output Diagram Aksial



Gambar 4. 54 Diagram Aksial pada Balok

Kombinasi $1,2D+1,6L+0,5R$

Gaya Aksial $= 316,28 \text{ kg}$

Hasil Output Diagram Torsi

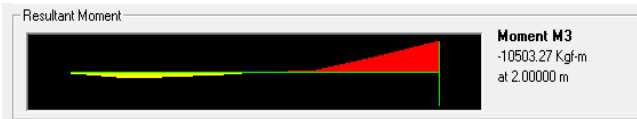


Gambar 4. 55 Diagram Torsi pada Balok

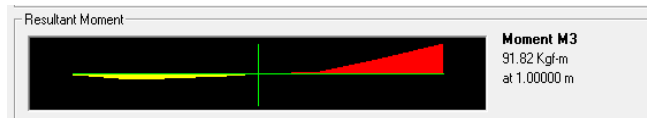
Kombinasi $1,2D+1,6L+0,5R$

Momen Torsi (T_u) $= 2284,64 \text{ kg.m}$

Hasil Output Diagram Momen Lentur



Gambar 4. 56 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok Kombinasi 1,2D+1,6L+0,5R



Gambar 4. 57 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok Kombinasi 1,2D+1,6L+0,5R

Momen Tumpuan Kiri	= 10503,27	kg.m
Momen Tumpuan Kanan	= 10503,27	kg.m
Momen Lapangan	= 91,82	kg.m

Hasil Output Diagram Gaya Geser



Gambar 4. 58 Diagram geser pada Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2, V_u diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 cm dari as kolom.

Kombinasi 1,2D+1,6L+0,5R

Gaya Geser Terfaktor $V_u = 14852,03 \text{ kg}$

c. Syarat Gaya Aksial pada Balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2),

bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi :

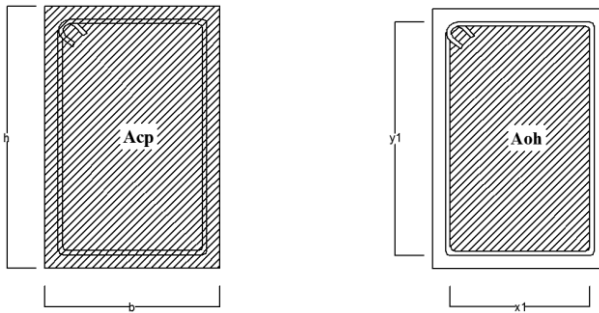
$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2}{10}$$

$$= 1125000 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil analisa program SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey pada komponen struktur sebesar 76023 N < 1125000 N

Periksa Kecukupan Dimensi Penampang terhadap Beban Lentur dan Puntir

Ukuran penampang balok yang dipakai : 50/75



Gambar 4. 59 Luasan Penampang Balok

Luasan yang Dibatasi oleh Keliling Luar Irisan Penampang Beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$= 500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}$$

$$= 375000 \text{ mm}^2$$

Perimeter Luar Irisan Penampang Beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} \times h_{balok})$$

$$= 2 \times (500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm})$$

$$= 2500 \text{ mm}$$

Luasan Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) \times ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser})) \\
 &= (500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \times \\
 &\quad (750 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \\
 &= 260000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) + ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}))] \\
 &= 2 \times [(500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \\
 &\quad + (750 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}))] \\
 &= 2100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.5.5.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi dari program SAP 2000 diperoleh momen puntir sebesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5R

$$T_u = 2284,64 \text{ kg.m} = 22412318 \text{ N.mm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{22412318 \text{ N.mm}}{0,75} = 29883091,2 \text{ N.mm}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5]

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari:

$$\begin{aligned}
 T_{u \text{ min}} &= \phi \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \\
 &\quad \times \left(\frac{(375.000 \text{ mm}^2)}{2.500 \text{ mm}} \right) \\
 &= 19178847,68 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} T_u \max &= \phi \times 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \\ &\quad \times \left(\frac{(375.000 \text{ mm}^2)}{2.500 \text{ mm}} \right) \\ &= 76253249,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$T_{u_{\min}} > T_u$ → tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{u_{\min}} < T_u$ → memerlukan tulangan puntir

$T_{u_{\min}} > T_u$

22412318 N.mm > 19178847,68 N.mm

(maka memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang (longitudinal).

Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\begin{aligned} \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} &\leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66 \sqrt{f_c'} \right) \\ \sqrt{\left(\frac{145698,41}{500 \times 689} \right)^2 + \left(\frac{22412318 \times 2100}{1,7 \times 260000} \right)^2} &\leq \\ \phi \left(\frac{0,17 \times \sqrt{30} \times 500 \times 689}{500 \times 689} + 0,66 \sqrt{30} \right) & \\ 0,719 &\leq 3,315 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7]

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6]

Dimana:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \phi = 29883091,2 \text{ Nmm}$$

Untuk beton non-prategang $\phi = 45^\circ$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 221000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{29883091,2 \text{ N.mm}}{2 \times 221000 \times 400 \times 0,617} \\ &= 0,2737 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \phi$$

$$\begin{aligned} A_l &= 0,2737 \cdot 2100 \cdot 1 \cdot 0,381 \\ &= 219,133 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung diambil dengan ketentuan tidak kurang dari:

$$\begin{aligned}
 Al_{\min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \left(\frac{At}{s}\right) Ph \frac{F_{yt}}{F_y} \\
 &= 2156,657 - 574,933 \\
 &= 1581,7245 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dengan,

$$\frac{At}{s} \geq 0,175 \frac{bw}{f_{yt}}$$

$$0,2737 \geq 0,175 \frac{500}{400}$$

$$0,2737 \geq 0,2188$$

(memenuhi)

Maka diambil nilai $At/s = 0,41392$

Kontrol:

$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\min}$ maka gunakan Al_{perlu}

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\min}$ maka gunakan Al_{\min}

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\min}$

$$219,133 \text{ mm}^2 < 1581,7245 \text{ mm}^2$$

(maka gunakan Al_{\min})

Maka diperlukan tulangan puntir sebesar $1581,725 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata keempat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{1581,7245 \text{ mm}^2}{4} = 395 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan punter sebesar 791 mm^2

Pada sisi kanan dan kiri = dipasang luasan tulangan puntir sebesar:

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times \frac{1287,431 \text{ mm}^2}{4} = 791 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

Direncanakan tulangan diameter 16 mm

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan D puntir}} = \frac{791 \text{ mm}^2}{791 \text{ mm}^2}$$

$$n = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2}{3,935 \text{ mm}^2} \approx 4 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan puntir 4D16

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_s &= n \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 4 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &\geq A_s \text{ perlu} \\ 803,84 \text{ mm}^2 &\geq 791 \text{ mm}^2 \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 4D16

4.5.5.2 Perhitungan Penulangan Lentur

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,6L+0,5R

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 689 \text{ mm} = 413,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 413,4 \text{ mm} \\ &= 310,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1530000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 3825 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 3825 \times 400 \times \left(689 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ &= 962370000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 103037079 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{103037079 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 128796348,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = M_n - M_{nc}$

$$= 128796348,4 \text{ Nmm} - 962370000 \text{ Nmm}$$

$$= -833573652 \text{ Nmm}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 0,543 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,0013$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0013 < 0,0244 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 500 \times 689 \\ &= 1205,750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1205,750 \text{ mm}^2 + 395 \text{ mm}^2 \\ &= 1601,181 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan } D \text{ lentur}} \\ &= \frac{1601,181 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 4,214 \approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pasang}}$$

$$1601,181 \text{ mm}^2 < 1899,7 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 569,91 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan } D \text{ lentur}} \\ &= \frac{569,91 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 1,5 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_{s'} \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &< A_{s_{\text{pasang}}} \\ 569,91 \text{ mm}^2 &< 759,88 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} &= 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\ S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} &= 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis} \end{aligned}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (5 \cdot 22)}{5 - 1} \\ &= 72,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{syarat agregat}} \\ 72,5 \text{ mm} &< 30 \text{ mm} \quad \text{(Tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \varnothing \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\
 &= 356 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$356 \text{ mm} > 30 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \varnothing \text{lentur} \\
 &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \varnothing \text{lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 633,23 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 5D22} = 1899,70 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\
 &= \left(\frac{1899,70 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\
 &= 59,598 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 759880 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y = 759880 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &= \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\
 &= 978118132 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$M_{n_{\text{perlu}}} < 0,9 \times M_{n_{\text{pasang}}}$$

$$128796348,4 \text{ Nmm} < 0,9 \times 978118132 \text{ Nmm}$$

$$128796348,4 \text{ Nmm} < 880306318,8 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BL (50/75) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 5D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

DAERAH TUMPUAN KIRI

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,6L+0,5R

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\
 &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 689 \text{ mm} = 413,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 413,4 \text{ mm} \\ &= 310,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1530000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 3825 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 3825 \times 400 \times \left(689 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ &= 962370000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 103037079 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{103037079 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 128796348,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 128796348,4 \text{ Nmm} - 962370000 \text{ Nmm}$$

$$= -833573652 \text{ Nmm}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 0,543 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,0013$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0013 < 0,0244 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 500 \times 689 \\ &= 1205,750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_l}{4} \\ &= 1205,750 \text{ mm}^2 + 395 \text{ mm}^2 \\ &= 1601,181 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{1601,181 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 4,214 \approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}} \\ 1601,181 \text{ mm}^2 < 1899,7 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3 \times \text{As} \\ &= 0,3 \times 1899,7 \text{ mm}^2 \\ &= 569,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan } D \text{ lentur}} \\
 &= \frac{569,91 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 1,5 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_{s' \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &< A_{s_{\text{pasang}}} \\
 569,91 \text{ mm}^2 &< 759,88 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\
 S_{\text{max}} &\leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}
 \end{aligned}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (5 \cdot 22)}{5 - 1} \\
 &= 72,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$72,5 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad \text{(Tidak memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\text{Starik} = \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1}$$

$$= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1}$$

$$= 356 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$356 \text{ mm} > 30 \text{ mm}$$

(Memenuhi)**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) $\geq 1/3$ Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \emptyset \text{lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3$ M lentur tumpuan (-)

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 633,23 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 5D22} = 1899,70 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$a = \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{1899,70 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 59,598 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times fc' \times b \times a = 759880 \text{ N}$$

$$Cs' = A_s \text{ pakai} \times f_y = 759880 \text{ N}$$

$$Mn \text{ pasang} = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= 978118132 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$128796348,4 \text{ Nmm} < 0,9 \times 978118132 \text{ Nmm}$$

$$128796348,4 \text{ Nmm} < 880306318,8 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BL (50/75) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 5D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,6L+0,5R

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 689 \text{ mm} = 413,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{\text{max}} = 0,75 \times X_b$$

$$\begin{aligned}
 &= 075 \times 413,4 \text{ mm} \\
 &= 310,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= d' \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\
 &= 1530000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 3825 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 3825 \times 400 \times \left(689 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 962370000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 900754,2 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{900754,2 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 1125942,75 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 1125942,75 \text{ Nmm} - 962370000 \text{ Nmm}$$

$$= -961244057 \text{ Nmm}$$

Maka,

$Mns < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 0,0047 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,0013$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00001 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 500 \times 689$$

$$= 1205,750 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1205,750 \text{ mm}^2 + 395 \text{ mm}^2 \\ &= 1601,181 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{1601,181 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 4,214 \approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pasang}} \\ 1601,181 \text{ mm}^2 < 1899,7 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 1899,7 \text{ mm}^2 \\ &= 569,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{569,91 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 1,5 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_s' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}}$$

$$569,91 \text{ mm}^2 < 759,88 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (5 \cdot 22)}{5 - 1} \\
 &= 72,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$72,5 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad \text{(Tidak memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\
 &= 356 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$356 \text{ mm} > 30 \text{ mm}$$

(Memenuhi)**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) $\geq 1/3$ Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3$ M lentur tumpuan (-)

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 \geq 633,23 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 5D22} = 1899,70 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{1899,70 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\ &= 59,598 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times fc' \times b \times a = 759880 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy = 759880 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ pasang} &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= 978118132 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$128796348,4 \text{ Nmm} < 0,9 \times 978118132 \text{ Nmm}$$

$$128796348,4 \text{ Nmm} < 880306318,8 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BL (50/75) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 5D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

4.5.5.3 Perhitungan Penulangan Geser

Tipe Balok	= BL (50/75)
Lebar Balok (b_{balok})	= 500 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 750 mm
Bentang Bersih Balok (l_n)	= 2000 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 10 mm
Faktor β_1	= 0,85
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BI (50/75) ,
didapat:

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik 5D22} &= 1901,43 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan 2D22} &= 760,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{1901,43 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\ &= 59,653 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &= \text{As tul tarik} \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 1901,43 \times 400 \times (689 - 59,653/2) \\ &= 501348659,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik 5D22} &= 1901,43 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan 2D22} &= 760,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{760,571 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\ &= 23,861 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &= \text{As tul tarik} \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 760,571 \times 400 \times (689 - 23,861/2) \\ &= 205983876,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1,6L+0,5R dari analisa program SAP 2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (V_u) = 145698,414 N

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok.

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (*SNI 03-2847-2013*)

$$\sqrt{f_c'} < 25/3$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33$$

(Memenuhi)

Kuat Geser Beton (*SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1*)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17\sqrt{30} \times 500 \times 689 \\ &= 32077,716 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{smin} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 500 \times 689 = 114833,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 500 \times 689 = 628968,07 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,67 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,67 \times \sqrt{30} \times 500 \times 689 = 1257936,14 \text{ N} \end{aligned}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

Gaya geser diperoleh dari:

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u + l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nr} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3)

Dimana:

V_{u1} : Gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : Panjang bersih balok

Maka:

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{501348659,5 + 205983876,9}{2000} + 145698,4 \text{ N} \\ &= 499364,7 \text{ N} \end{aligned}$$

Periksa SyaratKondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Tidak memenuhi)**

$$499364,7 \text{ N} < 120290 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$120290 \text{ N} < 499364,7 \text{ N} < 240580,3 \text{ N}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smin})$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$240580,3 \text{ N} < 499364,7 \text{ N} < 326705,3 \text{ N}$$

Kondisi 4

$$\emptyset \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smax})$$

→ tulangan geser **(Memenuhi)**

$$326705,3 \text{ N} < 499364,7 \text{ N} < 712306,34 \text{ N}$$

Kondisi 5

$$\emptyset \times (V_c + V_{smax}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + 2V_{smax})$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$\begin{aligned} V_{sperlu} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\ &= \frac{499364,7 \text{ N} - 0,75 \times 320773,716 \text{ N}}{0,75} \\ &= 345045,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{kaki} \\ &= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 2 \\ &= 314,159 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{314,159 \times 240 \times 689}{345045,86 \text{ N}} \\ &= 226,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser BerdasarkanKondisi 4

$$\begin{aligned} S_{max} &\leq d/2 && \text{atau} && S_{max} &\leq 600 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} &\leq 344,5 \text{ mm} && \text{atau} && 100 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

*(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)***(Memenuhi)****Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- c. $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- d. 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4$$

$$100 \text{ mm} < 172 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$$

$$100 \text{ mm} < 176 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$$

$$100 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, penulangan geser balok BL (50/75) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang Ø10-100 mm dengan sengkang 2 kaki.

2. Pada wilayah 2 (Daerah Lapangan)
Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{499364,68 \times (1000 - 1500)}{1000}$$

$$Vu_2 = -249682,341 \text{ N}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Memenuhi)**

$$-249682,341 < 120290 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

→ tulangan geser minimum

Kondisi 3

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmin)$$

→ tulangan geser minimum

Kondisi 4

$$\emptyset \times (Vc + Vsmin) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmax)$$

→ tulangan geser

Kondisi 5

$$\emptyset \times (Vc + Vsmax) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + 2Vsmax)$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 1**

$$Vsperlu = Vs \text{ min}$$

$$Vsperlu = 114833,33 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{\text{kaki}} \\ &= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 2 \\ &= 157,080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} \text{Sperlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157,080 \times 240 \times 689}{114833,33 \text{ N}} \\ &= 226 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq d/2 && \text{atau} && S_{\text{max}} \leq 600 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &\leq 344,5 \text{ mm} && \text{atau} && 150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \\ &&& && \text{(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)} && \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

$$\begin{aligned} \text{pakai} &\leq d/4 \\ 150 \text{ mm} &< 172 \text{ mm} && \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

S_{pakai}	$\leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$	
150 mm	$< 176 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$	
150 mm	$< 240 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 300 \text{ mm}$	
150 mm	$< 300 \text{ mm}$	(Memenuhi)

Jadi, penulangan geser balok BL (50/75) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang $\emptyset 10$ -150 mm dengan sengkang 2 kaki.

4.5.5.4 Perhitungan Panjang Penulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 12**

- Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2**

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.1)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2** sebagai berikut :

Tabel 4. 39 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,4\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Sumber: SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2

Dimana :

l_d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan tentur yang digunakan

Ψ_t = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

Ψ_e = faktor pelapis, digunakan 1,5

λ = faktor beton agregat ringan digunakan nilai 1 (beton normal)

Perhitungan Panjang Penyaluran

- Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

$$\begin{aligned}
 l_d &= \left(\frac{f_y \times \psi_t \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) d_b \\
 &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \cdot 22 \\
 &= 765,073 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat $l_d > 300 \text{ mm}$

765,073 mm > 300 mm **(Memenuhi)**

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

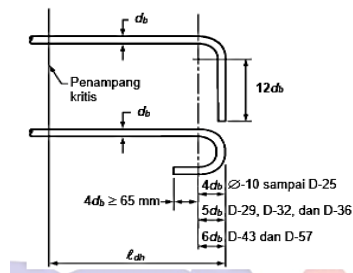
$$\begin{aligned}
 l_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\
 &= \frac{1601,181}{1899,70} \cdot 765,073 \\
 &= 644,849 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka anjangan penyaluran tulangan kondisi tarik 800 mm

- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik
Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5*
Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.2* untuk batang tulangan ulir λ_d harus sebesar $(0,24, \psi_e \cdot f_y / \lambda \sqrt{f_c'}) / d_b$ dengan Ψ_e diambil sebesar 1,2 untuk tulangan yang dilapisi epoksi, dan λ diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya, Ψ_e dan λ harus diambil sebesar 1,0



Gambar 4. 60 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\
 &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\
 &= 385,597 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat $l_{dh} > 150 \text{ mm}$
 $385,597 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ (**Memenuhi**)

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{1601,181}{1899,70} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 325,004 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm.

Panjang kait :

$$12 \times d_b = 12 \times 22 \text{ mm} = 264 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3*

Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2* panjang penyaluran diambil terbesar dari :

$$\begin{aligned}l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385,597 \text{ mm} \qquad \text{Persamaan 1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_{dh} &= 0,034 \times f_y \times d_b \\ &= 0,034 \times 400 \times 22 \\ &= 299,2 \text{ mm} \qquad \text{Persamaan 2}\end{aligned}$$

Maka penyaluran tulangan pada kondisi tekan sebesar 500 mm

$$\begin{aligned}\text{Syarat } l_{dh} &> 150 \text{ mm} \\ 385,597 \text{ mm} &> 150 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}\end{aligned}$$


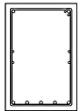
Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{569,91}{759,88} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 289,197 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}\end{aligned}$$

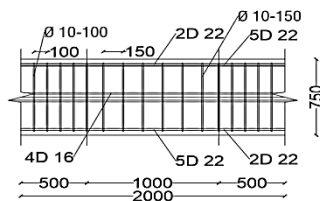
Panjang kait :

$$4 \times d_b + 4 \times d_b = 4(22) + 4(22) = 176 \text{ mm}$$

4.5.5.5 Gambar Penulangan

NOTASI	BL	
	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
DIMENSI	500 X 750	500 X 750
TULANGAN ATAS	5 D 22	2 D 22
TULANGAN TENGAH	4 D 16	4 D 16
TULANGAN BAWAH	2 D 22	5 D 22
SENGKANG	Ø 10-100mm	Ø 10-150mm

Gambar 4. 61 Gambar Penulangan Balok Lift (BL)



Gambar 4. 62 Gambar Detail Penulangan Balok

4.5.5.6 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Tabel 4. 40 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Lift

Balok	Tulangan	Lentur Tumpuan Kanan		Lentur Tumpuan Kiri		Lentur Lapangan	
Lift	Tul Tarik	5	D 22	5	D 22	5	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22

Tabel 4. 41 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Lift

Balok	Torsi	Geser Tumpuan		Geser Lapangan	
Lift	4 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	150 mm

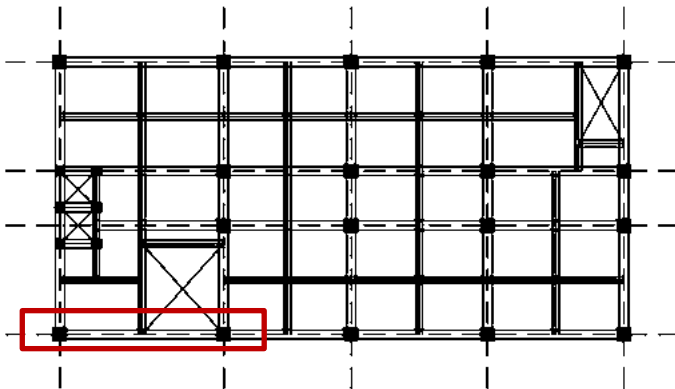
Tabel 4. 42 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Lift

Balok	Panjang Penyaluran				
	Tekan	Tarik	Kait	12db	4db+4db
Lift	800 mm	500 mm	400 mm	264 mm	176 mm

4.5.6 Perhitungan Balok Sloof

a. Data Perencanaan

Perhitungan tulangan balok sloof BS (50/75) As 1 [A-B] elevasi ± 0.00 . Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa program SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok sebagai berikut :



Gambar 4. 63 Denah Pembalokan

Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

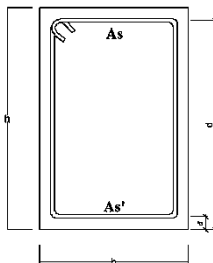
Bentang Balok (L)	= 9000 mm
Lebar Balok (b_{balok})	= 500 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 750 mm
Bentang Kolom (L_{kolom})	= 4000 mm
Lebar Kolom (b_{kolom})	= 700 mm
Tinggi Kolom (h_{kolom})	= 700 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur (f_y)	= 400 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (f_{yv})	= 240 MPa
Kuat Leleh Tulangan Puntir (f_{yt})	= 400 MPa

Diameter Tulangan Lentur (D_{lentur})	= 22 mm
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 10 mm
Diameter Tulangan Puntir (D_{puntir})	= 16 mm
Jarak Spasi Tulangan Sejajar (S_{sejajar})	= 30 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]</i>	
Jarak Spasi Tulangan Antar Lapis ($S_{\text{antar lapis}}$)	= 25 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1]</i>	
Tebal Selimut Beton (decking)	= 40 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]</i>	
Faktor β_1	= 0,85
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur (ϕ)	= 0,8
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]</i>	
Faktor Reduksi Kekuatan Puntir (ϕ)	= 0,75
<i>[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]</i>	

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \varnothing_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 689 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \varnothing_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 64 Tinggi Efektif Balok

b. Hasil Output dan Diagram Gaya berdasarkan Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non-gempa

1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L$
3. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,8 W$
4. $U = 0,9 D + 1,0 W$

Kombinasi pembebanan gempa

1. $U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$
2. $U = 0,9 D + 1,0 E$

Untuk perhitungan penulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. $1,2D+1,6L$ adalah kombinasi kritis dalam permodelan.

Hasil Output Diagram Aksial



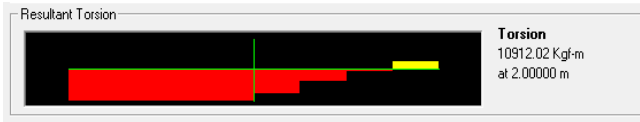
Gambar 4. 65 Diagram Aksial pada Balok

Kombinasi $1,2D+1,6L$

Gaya Aksial

= 9478,14 kg

Hasil Output Diagram Torsi

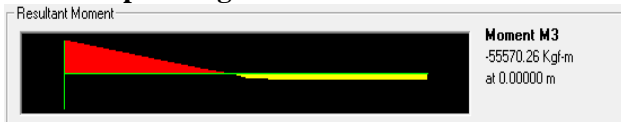


Gambar 4. 66 Diagram Torsi pada Balok

Kombinasi 1,2D+1,6L

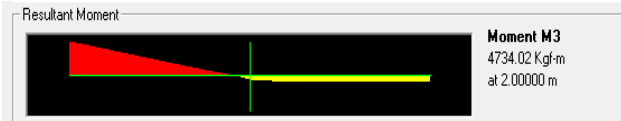
Momen Torsi (T_u) = 10912,02 kg.m

Hasil Output Diagram Momen Lentur



Gambar 4. 67 Diagram momen (-) Tumpuan pada Balok

Kombinasi 1,2D+1,6L



Gambar 4. 68 Diagram momen (+) Lapangan pada Balok

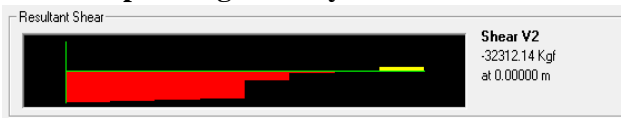
Kombinasi 1,2D+1,6L

Momen Tumpuan Kiri = 55570,26 kg.m

Momen Tumpuan Kanan = 55570,26 kg.m

Momen Lapangan = 4734,02 kg.m

Hasil Output Diagram Gaya Geser



Gambar 4. 69 Diagram geser pada Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2, V_u diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 cm dari sisi kolom.

Kombinasi 1,2D+1,6L

Gaya Geser Terfaktor $V_u = 32312,14 \text{ kg}$

c. Syarat Gaya Aksial pada Balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi :

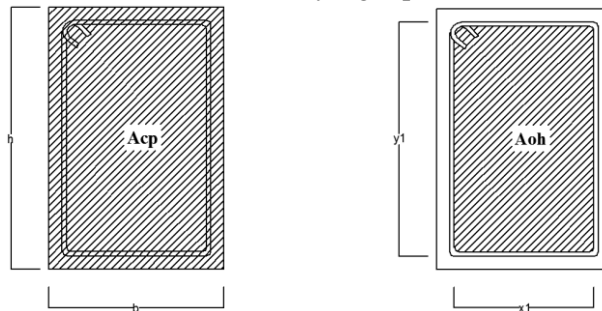
$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2}{10}$$

$$= 1125000 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil analisa program SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1,6L pada komponen struktur sebesar $94781,4 \text{ N} < 1125000 \text{ N}$

Periksa Kecukupan Dimensi Penampang terhadap Beban Lentur dan Puntir

Ukuran penampang balok yang dipakai : 50/75



Gambar 4. 70 Luasan Penampang Balok

Luasan yang Dibatasi oleh Keliling Luar Irisan Penampang Beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$= 500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}$$

$$= 375000 \text{ mm}^2$$

Perimeter Luar Irisan Penampang Beton A_{cp}

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} \times h_{balok}) \\
 &= 2 \times (500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}) \\
 &= 2500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luasan Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) \times ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser})) \\
 &= (500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \times \\
 &\quad (750 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \\
 &= 260000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling Penampang Dibatasi As Tulangan Sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}) + ((h_{balok} - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser}))] \\
 &= 2 \times [(500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm})) \\
 &\quad + (750 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}))] \\
 &= 2100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.5.6.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi dari program SAP 2000 diperoleh momen puntir sebesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi 1,2D+1,6L

$$T_u = 1070,47 \text{ kg.m} = 107046916 \text{ N.mm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{107046916 \text{ N.mm}}{0,75} = 14279222 \text{ N.mm}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5]

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari:

$$T_{u \text{ min}} = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \\
 &\quad \times \left(\frac{(375.000 \text{ mm}^2)}{2.500 \text{ mm}} \right) \\
 &= 19178847,68 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum Tu dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 Tu_{\max} &= \phi \times 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \\
 &\quad \times \left(\frac{(375.000 \text{ mm}^2)}{2.500 \text{ mm}} \right) \\
 &= 76253249,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1.(a)]

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$Tu_{\min} > Tu$ → tidak memerlukan tulangan puntir

$Tu_{\min} < Tu$ → memerlukan tulangan puntir

$Tu_{\min} > Tu$

107046916 N.mm > 19178847,68 N.mm

(maka memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang (longitudinal).

Cek Kekucupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \times d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \times d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \\
 &\sqrt{\left(\frac{374648}{500 \times 689} \right)^2 + \left(\frac{124446030 \times 2100}{1,7 \times 260000} \right)^2} \leq
 \end{aligned}$$

$$\phi \left(\frac{0,17 \times \sqrt{30} \times 500 \times 689}{500 \times 689} + 0,66\sqrt{30} \right)$$

$$0,344 \leq 3,315$$

(Memenuhi)

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7]

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6]

Dimana:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \phi = 14279222 \text{ N. mm}$$

Untuk beton non-prategang $\phi = 45^\circ$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 221000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{14279222 \text{ N. mm}}{2 \times 221000 \times 400 \times 0,617} \\ &= 1,307 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \phi$$

$$\begin{aligned} A_l &= 1,307 \cdot 2100 \cdot 1 \cdot 0,381 \\ &= 1046,635 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung diambil dengan ketentuan tidak kurang dari:

$$\begin{aligned} Al_{\min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) Ph \frac{F_{yt}}{F_y} \\ &= 2156,657 - 2746,026 \\ &= -589,368 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan,

$$\frac{A_t}{s} \geq 0,175 \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$1,307 \geq 0,175 \frac{500}{400}$$

$$1,307 \geq 0,2188$$

(Memenuhi)

Maka diambil nilai $A_t/s = 0,41392$

Kontrol:

$$A_{\text{perlu}} \geq A_{\min} \text{ maka gunakan } A_{\text{perlu}}$$

$$A_{\text{perlu}} \leq A_{\min} \text{ maka gunakan } A_{\min}$$

$$A_{\text{perlu}} \leq A_{\min}$$

$$1046,635 \text{ mm}^2 > -1035,700 \text{ mm}^2$$

(maka gunakan A_{perlu})

Maka diperlukan tulangan puntir sebesar $1046,635 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata keempat sisi pada penampang balok

$$\frac{A_t}{4} = \frac{1046,635 \text{ mm}^2}{4} = 262 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 608 mm²

Pada sisi kanan dan kiri = dipasang luasan tulangan puntir sebesar:

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times \frac{1046,635 \text{ mm}^2}{4} = 523 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

Direncanakan tulangan diameter 16 mm

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan D puntir}}$$

$$n = \frac{523 \text{ mm}^2}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2}$$

$$= 2,60 \text{ mm}^2 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan puntir 4D16

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_s &= n \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 4 \times 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$803,84 \text{ mm}^2 \geq 523 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 4D16

4.5.6.2 Perhitungan Penulangan Lentur

DAERAH TUMPUAN KANAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2D+1,6L$$

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 X_b &= \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\
 &= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 689 \text{ mm} = 413,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\
 &= 0,75 \times 413,4 \text{ mm} \\
 &= 310,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= d' \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\
 &= 1530000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{C_c'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 3825 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 3825 \times 400 \times \left(689 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 962370000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$Mu_{\text{tumpuan}} = 545144251 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= \frac{545144251 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 681430313,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 681430313,3 \text{ Nmm} - 962370000 \text{ Nmm}$$

$$= -280939687 \text{ Nmm}$$

Maka,

$Mns < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

- Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = 15,686$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times fc' \times \beta}{fy} \times \frac{600}{600 + fy} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = 2,871 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,0076$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0076 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0076 \times 500 \times 689 \\ &= 2630,010 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\ &= 2630,010 \text{ mm}^2 + 262 \text{ mm}^2 \\ &= 2891,669 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{2891,669 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 7,611 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 8 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s\text{perlu}} < A_{s\text{pasang}}$$

$$2891,669 \text{ mm}^2 < 3039,52 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 3039,52 \text{ mm}^2 \\ &= 911,856 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan } D \text{ lentur}} \\ &= \frac{911,856 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 2,4 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_s' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &< A_{S_{\text{pasang}}} \\ 911,856 \text{ mm}^2 &< 1519,76 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 8D22 dan tulangan tekan 1 lapis 4D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (8 \cdot 22)}{8 - 1} \\ &= 32 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$32 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\text{Starik} = \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1}$$

$$= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (4 \cdot 22)}{4 - 1}$$

$$= 104 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$104 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 8 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 M lentur tumpuan (-)

$$1519,76 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 3039,52 \text{ mm}^2$$

$$1519,76 \text{ mm}^2 \geq 1013,17 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 8D22} = 3039,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 4D22} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$a = \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{3039,52 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 95,357 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 1215808 \text{ N}$$

$$C_s' = \text{As pakai} \times f_y = 1215808 \text{ N}$$

$$M_n \text{ pasang} = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d'))$$

$$= 1543250936 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n, \text{perlu}} < 0,9 \times M_{n, \text{pasang}}$$

$$681430313,3 \text{ Nmm} < 0,9 \times 1543250936 \text{ Nmm}$$

$$681430313,3 \text{ Nmm} < 1388925843 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BS (50/75) As A(1-2) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 8D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 4D22

DAERAH TUMPUAN KIRI

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,6L

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 689 \text{ mm} = 413,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 413,4 \text{ mm} \\ &= 310,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\ &= 1530000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{C_c'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 3825 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 3825 \times 400 \times \left(689 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ &= 962370000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 545144251 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{545144251 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 681430313,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 681430313,3 \text{ Nmm} - 962370000 \text{ Nmm}$$

$$= -280939687 \text{ Nmm}$$

Maka,

$M_{ns} < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

• **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 2,871 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,0076$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0076 < 0,0244 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0076 \times 500 \times 689 \\ &= 2630,010 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \frac{A_t}{4} \\ &= 2630,010 \text{ mm}^2 + 262 \text{ mm}^2 \\ &= 2891,669 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{2891,669 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 7,611 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 8 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{s\text{perlu}} < A_{s\text{pasang}} \\ 2891,669 \text{ mm}^2 < 3039,52 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3 \times \text{As} \\ &= 0,3 \times 3039,52 \text{ mm}^2 \\ &= 911,856 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{911,856 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 2,4 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_{s'} \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1519,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &< A_{S_{\text{pasang}}} \\
 911,856 \text{ mm}^2 &< 1519,76 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 8D22 dan tulangan tekan 1 lapis 4D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (8 \cdot 22)}{8 - 1} \\
 &= 32 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$32 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\text{Starik} = \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1}$$

$$= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (4 \cdot 22)}{4 - 1}$$

$$= 104 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$104 \text{ mm} > 30 \text{ mm}$$

(Memenuhi)**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) $\geq 1/3$ Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\text{As pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur}$$

$$= 8 \times 0,25 \times \pi \times 22^2$$

$$= 3039,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}' \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur}$$

$$= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2$$

$$= 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$1519,76 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 3039,52 \text{ mm}^2$$

$$1519,76 \text{ mm}^2 \geq 1013,17 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 8D22} = 3039,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 4D22} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$a = \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left(\frac{3039,52 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right)$$

$$= 95,357 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times fc' \times b \times a = 1215808 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy = 1215808 \text{ N}$$

$$Mn \text{ pasang} = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= 1543250936 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$681430313,3 \text{ Nmm} < 0,9 \times 1543250936 \text{ Nmm}$$

$$681430313,3 \text{ Nmm} < 1388925843 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BS (50/75) As A(1-2) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 8D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 4D22

DAERAH LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :
1,2D+1,6L

Garis Netral dalam Kondisi Balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \times d$$

$$= \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 689 \text{ mm} = 413,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{\text{max}} = 0,75 \times Xb$$

$$\begin{aligned}
 &= 075 \times 413,4 \text{ mm} \\
 &= 310,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= d' \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 500 \times 0,8 \times 150 \\
 &= 1530000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik (Asc)

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1530000 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 3825 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 &= 3825 \times 400 \times \left(689 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\
 &= 962370000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Lentur Nominal

$$\begin{aligned}
 M_{u_{\text{lapangan}}} &= 46440736,2 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{46440736,2 \text{ Nmm}}{0,8} \\
 &= 58050920,25 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 58050920,25 \text{ Nmm} - 962370000 \text{ Nmm}$$

$$= -904319080 \text{ Nmm}$$

Maka,

$Mns < 0$ (tidak perlu tulangan lentur tekan)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

- **Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = 15,686$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 0,2446 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} + \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = 0,0006144$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00061 < 0,0244 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan Perlu (As Perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 500 \times 689$$

$$= 1205,75 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1205,75 \text{ mm}^2 + 262 \text{ mm}^2 \\ &= 1467,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}} \\ &= \frac{1467,4 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 3,86 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \emptyset \text{ lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &< A_{s \text{ pasang}} \\ 1467,4 \text{ mm}^2 &< 1519,76 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1 Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 \times A_s \\ &= 0,3 \times 1519,76 \text{ mm}^2 \\ &= 506,587 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Bawah)

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luasan D lentur}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{506,587 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\
 &= 1,33 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_s' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 759,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{pasang}}}$$

$$506,587 \text{ mm}^2 < 759,88 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 4D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (4 \cdot 22)}{4 - 1} \\
 &= 104 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$104 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\
 &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} \\
 &= 356 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$356 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen tersebut. Momen lentur tumpuan (+) \geq 1/3 Momen lentur tumpuan (-)

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 759,88 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 1519,76 \text{ mm}^2 \\ 759,88 \text{ mm}^2 &\geq 506,59 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik 4D22} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan 2D22} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{1519,76 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\ &= 47,679 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times fc' \times b \times a = 607904 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pakai} \times fy = 607904 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ pasang} &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= 786117518,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{perlu}} < 0,9 \times Mn_{\text{pasang}}$$

$$58050920,25 \text{ Nmm} < 0,9 \times 786117518,1 \text{ Nmm}$$

$$58050920,25 \text{ Nmm} < 707505766,3 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok BS (50/75) As A(1-2) untuk daerah tumpuan :

- Tulangan lentur tarik susun satu lapis
Lapis 1 = 4D22
- Tulangan lentur tekan susun satu lapis
Lapis 1 = 2D22

4.5.6.3 Perhitungan Penulangan Geser

Tipe Balok	= BS (50/75)
Lebar Balok (b_{balok})	= 500 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 750 mm
Bentang Bersih Balok (l_n)	= 9000 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	= 30 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser (fy_v)	= 240 MPa
Diameter Tulangan Geser (D_{geser})	= 10 mm
Faktor β_1	= 0,85
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BS (50/75) As A(1-2), didapat:

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik 8D22} &= 3042,29 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan 4D22} &= 1521,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{3042,29 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\ &= 95,444 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &= \text{As tul tarik} \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 3042,29 \times 400 \times (689 - 95,444/2) \\ &= 780380202,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan hasil luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan tarik 8D22} &= 3042,29 \text{ mm}^2 \\ \text{As pakai tulangan tekan 4D22} &= 1521,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{\text{As pakai tulangan tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \\ &= \left(\frac{1521,14 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} \right) \\ &= 47,722 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn pasang} &= \text{As tul tekan} \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 1521,14 \times 400 \times (689 - 47,722 /2) \\ &= 404708536,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1,6L dari analisa program SAP 2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (V_u) = 374648,03 N

Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser pada balok, wilayah balok dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (*SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2*)
- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok.

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (*SNI 03-2847-2013*)

$$\sqrt{f_c'} < 25/3$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33$$

(Memenuhi)

Kuat Geser Beton (*SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1*)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17\sqrt{30} \times 500 \times 689 \\ &= 32077,716 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{smin} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 500 \times 689 = 114833,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 500 \times 689 = 628968,07 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,67 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,67 \times \sqrt{30} \times 500 \times 689 = 1257936,14 \text{ N} \end{aligned}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

Gaya geser diperoleh dari:

$$Vu1 = \frac{Mnr + Mnr}{ln} + \frac{Wu + ln}{2}$$

$$Vu1 = \frac{Mnr + Mnr}{ln} + Vu$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3)

Dimana:

$Vu1$: Gaya geser pada muka perletakan

Mnl : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

Mnr : Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

Ln : Panjang bersih balok

Maka:

$$\begin{aligned} Vu1 &= \frac{780380202,5 + 404708536,3}{9000 - (2 \times 0,5 \times 700)} + 374648,0 \text{ N} \\ &= 517429,81 \text{ N} \end{aligned}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Tidak memenuhi)**

$$517429,81 \text{ N} < 120290 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$120290 \text{ N} < 517429,81 \text{ N} < 240580,3 \text{ N}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vsmin)$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$240580,3 \text{ N} < 517429,81 \text{ N} < 326705,3 \text{ N}$$

Kondisi 4

$$\emptyset \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smax})$$

→ tulangan geser

(Memenuhi)

$$326705,3 \text{ N} < 517429,81 \text{ N} < 712306,34 \text{ N}$$

Kondisi 5

$$\emptyset \times (V_c + V_{smax}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + 2V_{smax})$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$\begin{aligned} V_{sperlu} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\ &= \frac{517429,81 \text{ N} - 0,75 \times 320773,716 \text{ N}}{0,75} \\ &= 369132,692 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{kaki} \\ &= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 4 \\ &= 314,159 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{314,159 \times 240 \times 689}{369132,692 \text{ N}} \\ &= 140,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser BerdasarkanKondisi 4

$$S_{max} \leq d/2 \quad \text{atau} \quad S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 344,5 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad 100 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

*(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)***(Memenuhi)****Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- c. $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- d. 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

S_{pakai}	$\leq d/4$	
100 mm	$< 172 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$	
100 mm	$< 176 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$	
100 mm	$< 240 \text{ mm}$	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 300 \text{ mm}$	
100 mm	$< 300 \text{ mm}$	(Memenuhi)

Jadi, penulangan geser balok BS (50/75) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang $\emptyset 10$ -100 mm dengan sengkang 4 kaki.

2. Pada wilayah 2 (Daerah Lapangan)
Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{Vu_2}{0,5ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0,5ln - 2h)}{0,5ln}$$

$$Vu_2 = \frac{517429,81 \text{ N} \times (4500 - 1500)}{4500}$$

$$Vu_2 = 344953,204 \text{ N}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \emptyset \times Vc$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Tidak memenuhi)**

$$344953,204 \text{ N} < 120290 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times Vc$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$120290 \text{ N} < 344953,204 \text{ N} < 240580,3 \text{ N}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times Vc \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vs_{min})$$

→ tulangan geser minimum **(Tidak memenuhi)**

$$240580,3 \text{ N} < 344953,204 \text{ N} < 326705,3 \text{ N}$$

Kondisi 4

$$\emptyset \times (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + Vs_{max})$$

→ tulangan geser **(Memenuhi)**

$$240580,3 \text{ N} < 344953,204 \text{ N} < 326705,3 \text{ N}$$

Kondisi 5

$$\emptyset \times (Vc + Vs_{max}) \leq Vu \leq \emptyset \times (Vc + 2Vs_{max})$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$\begin{aligned} V_{\text{sperlu}} &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \\ &= \frac{344953,204 \text{ N} - 0,75 \times 32077,716 \text{ N}}{0,75} \\ &= 139163,889 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{\text{kaki}} \\ &= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 4 \\ &= 314,159 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} \text{Sperlu} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{\text{sperlu}}} \\ &= \frac{314,159 \times 240 \times 689}{139163,889 \text{ N}} \\ &= 373 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq d/2 && \text{atau} && S_{\text{max}} \leq 600 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &\leq 344,5 \text{ mm} && \text{atau} && 150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \\ &&& && \text{(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.2)} && \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. $8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$
- c. $24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$
- d. 300 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4(2)]

S_{pakai}	$\leq d/4$	
150 mm	< 172 mm	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 8 \times D_{\text{tulangan longitudinal}}$	
150 mm	< 176 mm	(Memenuhi)
S_{pakai}	$\leq 24 \times D_{\text{tulangan sengkang}}$	
150 mm	< 240 mm	(Memenuhi)
S_{pakai}	≤ 300 mm	
150 mm	< 300 mm	(Memenuhi)

Jadi, penulangan geser balok BS (50/75) pada wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang $\emptyset 10$ -150 mm dengan sengkang 4 kaki.

4.5.6.4 Perhitungan Panjang Penulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12*

- Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

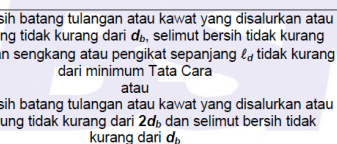
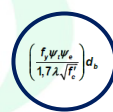
Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2*

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.1)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut :

Tabel 4. 43 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang ℓ_t tidak kurang dari minimum Tata Cara atau		
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$, dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_t \Psi_t \Psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_t \Psi_t \Psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_t \Psi_t \Psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_t \Psi_t \Psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Sumber: SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2

Dimana :

l_d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan tentur yang digunakan

Ψ_t = faktor lokasi penulangan, digunakan 1,0

Ψ_e = faktor pelapis, digunakan 1,5

λ = faktor beton agregat ringan digunakan nilai 1 (beton normal)

Perhitungan Panjang Penyaluran

$$\begin{aligned}
 l_d &= \left(\frac{f_y \times \Psi_t \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) d_b \\
 &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \cdot 22 \\
 &= 765,073 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat $l_d > 300 \text{ mm}$
 $765,073 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (Memenuhi)

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As pasang}} l_d \\
 &= \frac{1467,409}{1519,760} \cdot 765,073 \\
 &= 738,718 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka anjang penyaluran tulangan kondisi tarik 800 mm

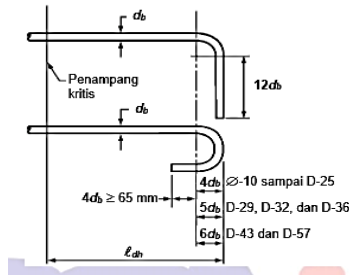
- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5*

Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.2* untuk batang tulangan ulir λ_d harus sebesar $(0,24, \psi_e \cdot f_y / \lambda \sqrt{f_c'}) / d_b$ dengan Ψ_e diambil sebesar 1,2 untuk tulangan yang dilapisi epoksi, dan λ diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya, Ψ_e dan λ harus diambil sebesar 1,0



Gambar 4. 71 Detail Batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\
 &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\
 &= 385,597 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat $l_{dh} > 150 \text{ mm}$
 $385,597 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ (**Memenuhi**)

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As pasang}} l_d \\ &= \frac{1467,409}{1519,760} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 372,314 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm.

Panjang kait :

$$12 \times d_b = 12 \times 22 \text{ mm} = 264 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3*

Panjang penyaluran berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm

(*SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2* panjang penyaluran diambil terbesar dari :

$$\begin{aligned}l_{dh} &= \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385,597 \text{ mm}\end{aligned}$$

Persamaan 1

$$\begin{aligned}l_{dh} &= 0,034 \times f_y \times d_b \\ &= 0,034 \times 400 \times 22 \\ &= 299,2 \text{ mm}\end{aligned}$$

Persamaan 2

Maka penyaluran tulangan pada kondisi tekan sebesar 500 mm

$$\begin{aligned}\text{Syarat } l_{dh} &> 150 \text{ mm} \\ 385,597 \text{ mm} &> 150 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} l_d \\ &= \frac{506,587}{759,880} \cdot 385,597 \text{ mm} \\ &= 257,065 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}\end{aligned}$$

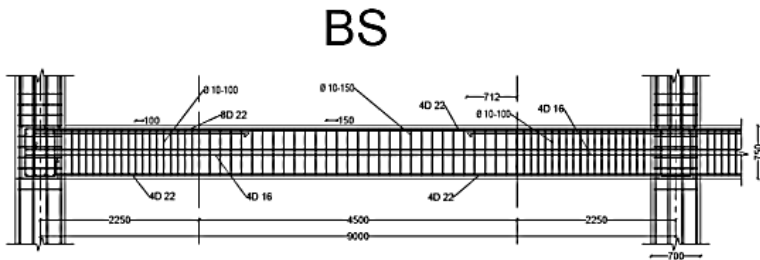
Panjang kait :

$$4 \times d_b + 4 \times d_b = 4(22) + 4(22) = 176 \text{ m}$$

4.5.6.5 Gambar Penulangan

NOTASI	BS	
	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
DIMENSI	500 X 750	500 X 750
TULANGAN ATAS	8 D 22	2 D 22
TULANGAN TENGAH	4 D 16	4 D 16
TULANGAN BAWAH	4 D 22	4 D 22
SENGKANG	Ø 10-100mm	Ø 10-150mm

Gambar 4. 72 Gambar Penulangan Balok Sloof (BS)



Gambar 4. 73 Gambar Detail Penulangan Balok

4.5.6.6 Rekapitulasi Penulangan Balok Sloof

Tabel 4. 44 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Sloof

Sloof	Tulangan	Lentur Tumpuan Kanan		Lentur Tumpuan Kiri		Lentur Lapangan	
Memanjang	Tul Tarik	8	D 22	8	D 22	4	D 22
	Tul Tekan	4	D 22	4	D 22	2	D 22
Melintang	Tul Tarik	8	D 22	8	D 22	4	D 22
	Tul Tekan	4	D 22	4	D 22	2	D 22

Tabel 4. 45 Rekapitulasi Tulangan Torsi dan Geser Balok Sloof

Sloof	Torsi	Geser Tumpuan		Geser Lapangan	
Memanjang	4 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	150 mm
Melintang	4 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	150 mm

Tabel 4. 46 Rekapitulasi Panjang Penyaluran Balok Sloof

Sloof	Panjang Penyaluran							
	Tekan		Tarik		Kait	12db	4db+4db	
Memanjang	800	mm	500	mm	400	mm	264 mm	176 mm
Melintang	800	mm	500	mm	400	mm	264 mm	176 mm

4.6 Perhitungan Kolom

4.6.2 Perhitungan Kolom Lantai 1

Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan kolom berdasarkan P ultimate terbesar. Perhitungan berikut disertai dengan data perencanaan, gambar denah kolom, output SAP 2000, ketentuan perhitungan dan syarat penulangan kolom dengan metode SRPMM, sampai dengan hasil akhir gambar penampang kolom adalah sebagai berikut :

4.6.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur

- Data Perencanaan

Tipe Kolom	= K1
As Kolom	= 2-B
Frame Kolom	= 41
Tinggi Kolom Atas	= 4000 mm
Tinggi Kolom Bawah	= 3000 mm
Tinggi Kolom Pendek	= 1500 mm
Lebar Kolom (b_{kolom})	= 700 mm
Tinggi Kolom (h_{kolom})	= 700 mm
Lebar Balok (b_{balok})	= 500 mm
Tinggi Balok (h_{balok})	= 750 mm
Lebar Sloof (b_{sloof})	= 500 mm
Tinggi Sloof (h_{sloof})	= 750 mm
Kuat Tekan Beton (f_c ;))	= 30 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E_c)	= $4700 \sqrt{f_c}$
Modulus Elastisitas Baja (E_s)	= 200000 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur ($f_{y_{lentuk}}$)	= 400 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser ($f_{y_{geser}}$)	= 240 MPa
Diameter Tulangan Lentur (ϕ_{lentuk})	= 25 mm
Diameter Tulangan Geser (ϕ_{geser})	= 10 mm
Tebal Selimut Beton (decking)	= 40 mm
<i>[SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1]</i>	
Jarak Spasi Tulangan Sejajar (s)	= 40 mm

[SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.3]

$$\text{Faktor } \beta_1 = 0,85$$

[SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7(1)]

$$\text{Faktor Reduksi Kekuatan Lentur } (\phi) = 0,65$$

[SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2(2)]

$$\text{Faktor Reduksi Kekuatan Geser } (\phi) = 0,75$$

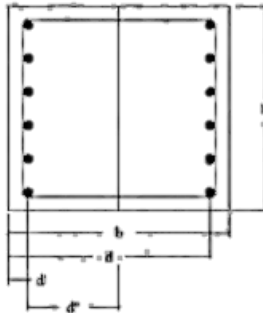
[SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2(3)]

Maka tinggi efektif balok :

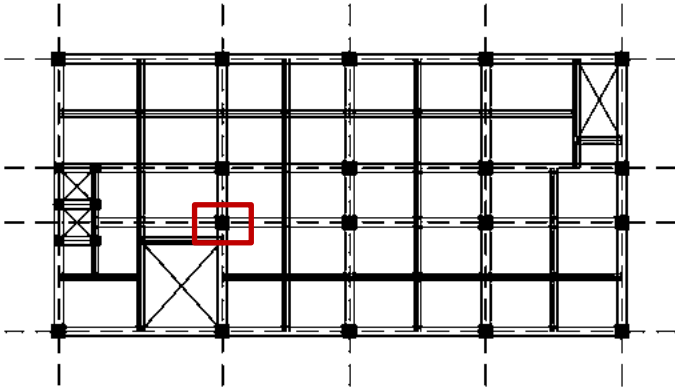
$$\begin{aligned} d &= b - \text{decking} - \varnothing_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{lentur}} \\ &= 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 25 \text{ mm} \\ &= 638 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \varnothing_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 25 \text{ mm} \\ &= 62,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= b - \text{decking} - \varnothing_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{lentur}} - \frac{1}{2} b \\ &= 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} - \frac{1}{2} 400 \\ &= 287,5 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 74 Tinggi Efektif Kolom

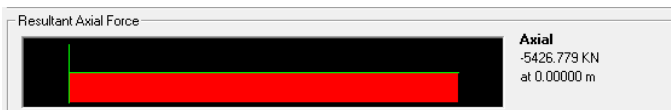


Gambar 4. 75 Denah Posisi Kolom K1 (70/70) Pada As 2-C

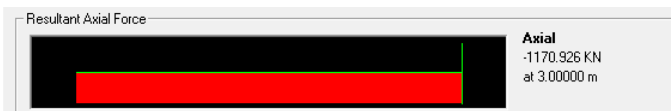
Berdasarkan hasil output SAP 2000 frame 41 didapatkan :



$$P_u (1,2D+1,6L+0,5Lr) = 6620175 \text{ N}$$



$$P_u (1,2D) = 5426779 \text{ N}$$



$$P_u (1,6L) = 1170926 \text{ N}$$



$$P_u (1,2D + 1,6L) = 6597705 \text{ N}$$



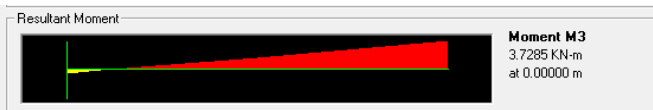
$$P_u (1,2D+1,0D+1,0 E_x+0,3E_y) = 6169122 \text{ N}$$



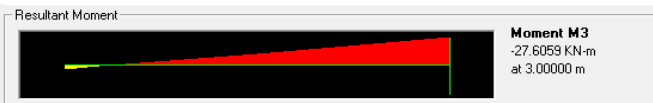
$$P_u (1,2D+1,0D+0,3E_x+1,0E_y) = 5954343 \text{ N}$$

Momen Akibat Pengaruh Beban Gravitasi Akibat
1,2D+1,6L

Momen Arah Sumbu X

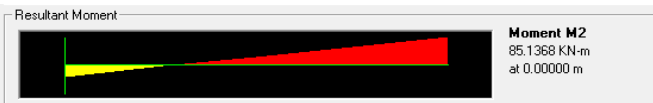


$$M_{1ns} = 3728500 \text{ N.mm}$$

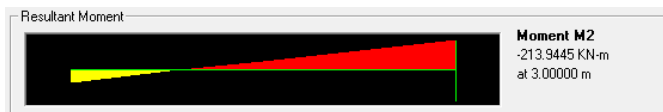


$$M_{2ns} = 27605900 \text{ N.mm}$$

Momen Arah Sumbu Y



$$M_{1ns} = 85136800 \text{ N.mm}$$



$$M_{2ns} = 213944500 \text{ N.mm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

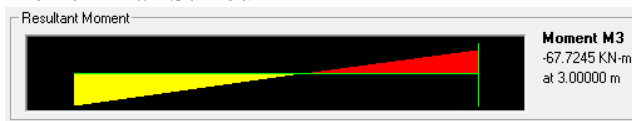
M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping. (SNI 03-2847-2013)

M_{2ns} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping. (SNI 03-2847-2013)

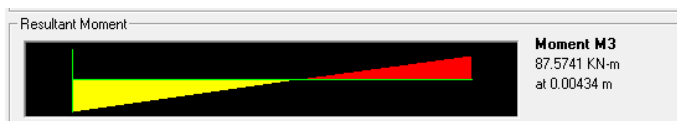
Momen Akibat Pengaruh Gaya Gempa

$$1,2D+1,0L+0,3E_x+1,0E_y$$

Momen Arah Sumbu X

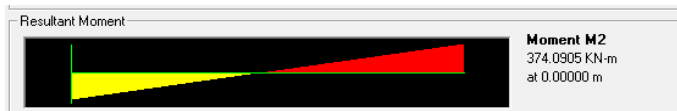


$$M_{1s} = 67724500 \text{ N.mm}$$



$$M_{2s} = 87574100 \text{ N.mm}$$

Momen Arah Sumbu Y



$$M_{1s} = 374090500 \text{ N.mm}$$



$$M_{2s} = 414823400 \text{ N.mm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

M_{1s} = Momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam N.mm
(SNI 03-2847-2013)

M_{2ns} = Momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam N.mm
(SNI 03-2847-2013)

Syarat Gaya Aksial Pada Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.2 gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh lebih dari $A_g \times f_c' / 10$ dan bila P_u lebih besar maka perhitungan harus mengikuti pasal 21.3.5 (ketentuan kolom untuk SRPMM)

$$P_u < \frac{A_g \times f_c'}{10}$$

$$6620175 \text{ N} < \frac{700 \times 700 \times 30}{10}$$

$$6620175 \text{ N} > 1470000 \text{ N} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Maka perhitungan kolom harus menggunakan syarat SRPMM.

Kontrol Kelangsingan Kolom

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum

$$\beta_d = \frac{1,2DL}{1,2DL + 1,6LL}$$

$$= \frac{5426779,0}{6597705,0}$$

$$= 0,82$$

Panjang Tekuk Kolom

$$\Psi = \frac{\sum(EI/L)_{\text{kolom}}}{(EI/L)_{\text{balok}}}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7)

Untuk Kolom (40/40)

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7)

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 700\text{mm} \times (700\text{mm})^3 \\ &= 14005833333,33 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700 \times \sqrt{30} \\ &= 25742,9602 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,9602 \times 14005833333,33}{1 + 0,82} \\ &= 79132315723686,70 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk Balok Memanjang (50/75)

$$EI_{\text{balok}} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7)

$$\text{Bentang} = 9000 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang} = 7000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 500\text{mm} \times (750\text{mm})^3 \\ &= 6152343750,00 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \times \sqrt{30} \\
 &= 25742,9602 \\
 I_{kolom} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,9602 \times 6152343750,00}{1 + 0,82} \\
 &= 34760459908299,00 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk Balok Melintang (50/75)

$$I_{balok} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7)

Bentang = 6000 mm

Bentang = 3000 mm

$$\begin{aligned}
 I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 500\text{mm} \times (750\text{mm})^3 \\
 &= 6152343750,00 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \times \sqrt{30} \\
 &= 25742,9602
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{kolom} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,9602 \times 6152343750,00}{1 + 0,82} \\
 &= 34760459908299,00 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk Sloof Memanjang (50/75)

$$I_{balok} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7)

$$\text{Bentang} = 9000 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang} = 7000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 500\text{mm} \times (750\text{mm})^3 \\ &= 6152343750,00 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700 \times \sqrt{30} \\ &= 25742,9602 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elkolom} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,9602 \times 6152343750,00}{1 + 0,82} \\ &= 34760459908299,00 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk Sloof Melintang (50/75)

$$\text{Elbalok} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7)

$$\text{Bentang} = 6000 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang} = 3000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 500\text{mm} \times (750\text{mm})^3 \\ &= 6152343750,00 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700 \times \sqrt{30} \\ &= 25742,9602 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elkolom} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,9602 \times 6152343750,00}{1 + 0,82} \\ &= 34760459908299,00 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan diagram faktor tekuk (k).

Kekakuan Kolom Atas :

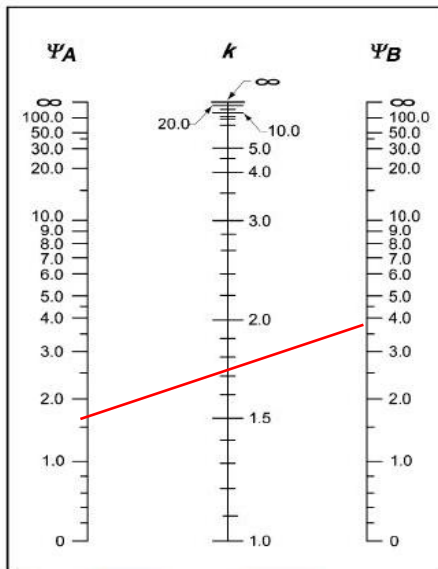
$$\Psi_a = \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom atas}}}{(EI/L)_{B1} + (EI/L)_{B1} + (EI/L)_{B1} + (EI/L)_{B1}}$$

$$\Psi_a = \frac{46160517505}{26208283264} = 1,76$$

Kekakuan Kolom Batas :

$$\Psi_b = \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom bawah}}}{(EI/L)_{S1} + (EI/L)_{S1} + (EI/L)_{S1} + (EI/L)_{S1}}$$

$$\Psi_b = \frac{105599754298}{26208283264} = 4,03$$



(b)

Rangka bergoyang

Gambar 4. 76 Faktor Panjang Efektif (K)

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7)

Dari grafik alignment didapatkan nilai $k = 1,75$

Menghitung Radius Girasi (r)

SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.1.2 radius girasi dicari dengan rumus :

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \\ &= 0,3 \times 700 \text{ mm} \\ &= 210 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Kelangsingan

Nilai $\frac{k \times L}{r} \leq 22$ → pengaruh kelangsingan dapat diabaikan

Nilai $\frac{k \times L}{r} > 22$ → pengaruh kelangsingan diperhitungkan

$$\frac{k \times L}{r} \leq 22$$

$$\frac{1,75 \times 3000 \text{ mm}}{210 \text{ mm}} \leq 22$$

$$25 > 22$$

maka kolom termasuk kolom langsing dan pengaruh kelangsingan harus diperhatikan

Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X

Berdasarkan output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya dalam arah X pada kolom sebagai berikut :

Akibat Kombinasi Gempa ($E_x + 0,3 E_y$)

$$M_{1s} = 67724500 \text{ N.mm}$$

$$M_{2s} = 87574100 \text{ N.mm}$$

Akibat Kombinasi $1,2 D + 1,6 L$

$$M_{1ns} = 3728500 \text{ N.mm}$$

$$M_{2ns} = 27605900 \text{ N.mm}$$

Menghitung Nilai P_c (P kritis) pada Kolom

$$\begin{aligned}
 P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{k \times L^2} \\
 &= \frac{9,8696 \times 79132315723686,70}{1,75 \times 3000^2} \\
 &= 49587596,9 \text{ N} \\
 \Sigma P_c &= n \times P_c \\
 &= 29 \times 49587596,9 \text{ N} \\
 &= 1438040311 \text{ N} \\
 P_u &= 6620175 \text{ N} \\
 \Sigma P_u &= n \times P_u \\
 &= 29 \times 6620175 \text{ N} \\
 &= 191985075 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menghitung Faktor Pembesaran Momen (δ_s)

$$\begin{aligned}
 \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \times \Sigma P_c}} \geq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - \frac{191985075 \text{ N}}{0,75 \times 1438040311 \text{ N}}} \geq 1 \\
 &= 1,22 \geq 1
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai $\delta_s = 1,22$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran Momen :

$$\begin{aligned}
 M_1 &= M_{1ns} + \delta_s \times M_{1s} \\
 &= 3728500 \text{ N.mm} + 1,22 \times 67724500 \text{ N.mm} \\
 &= 86119025 \text{ N.mm} \\
 M_2 &= M_{2ns} + \delta_s \times M_{2s} \\
 &= 27605900 \text{ N.mm} + 1,22 \times 87574100 \text{ N.mm} \\
 &= 134144539 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Diambil momen terbesar yaitu :

$$M_2 = 134144539 \text{ N.mm}$$

Menentukan Nilai ρ_{perlu} dari Diagram Interaksi

Dalam menentukan nilai ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi pada buku Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton berdasarkan SNI 1992. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah :

$$\begin{aligned}\mu h &= h - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - \emptyset_{\text{lentur}} \\ &= 700 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - 25 \\ &= 575 \text{ mm}\end{aligned}$$

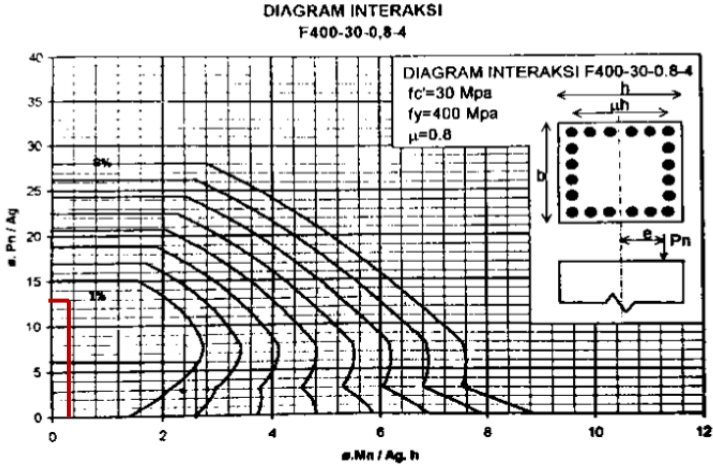
$$\begin{aligned}\mu &= \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} \\ &= \frac{575 \text{ mm}}{700 \text{ mm}} \\ &= 0,82\end{aligned}$$

Sumbu Vertikal

$$\begin{aligned}\frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{b \times h} \\ &= \frac{6620175}{700 \times 700} \\ &= 13,511 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sumbu Horizontal

$$\begin{aligned}\frac{\phi M_n}{A_g \times h} &= \frac{M_u}{b \times h^2} \\ &= \frac{134144539}{700 \times 700^2} \\ &= 0,39 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$



Gambar 4. 77 Diagram Interaksi Akibat Momen Arah X

Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 4,9 \% = 0,049$

Luas Tulangan Lentur Perlu

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,010 \times 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 4900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur

Digunakan tulangan lentur D25

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan D25} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 1/4 \times \pi \times 25^2 \\ &= 490,874 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Pasang

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan D25}} \\ &= \frac{4900}{490,874} \end{aligned}$$

$$= 9,98 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Pasang

$$\begin{aligned} A_{\text{pasang}} &= n \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 12 \times 1/4 \times \pi \times 25^2 \end{aligned}$$

$$= 5890 \text{ mm}^2$$

Maka direncanakan penulangan kolom untuk peninjauan momen arah X menggunakan tulangan sebesar 12D25

Prosentase Tulangan Terpasang

$$\begin{aligned} \text{Prosentase} &= \frac{\text{As pasang}}{b \times h} \times 100\% \\ &= \frac{5890 \text{ mm}^2}{700\text{mm} \times 700\text{mm}} \times 100\% \\ &= 1,20 \% < 8 \% \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Mencari e_{perlu} dan e_{min}

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{134144538,9 \text{ Nmm}}{0,65} \\ &= 206376213,7 \text{ Nmm} \\ P_n &= \frac{P_u}{\phi} \\ &= \frac{6620175 \text{ N}}{0,65} \\ &= 10184884,62 \text{ N} \\ e_{\text{perlu}} &= \frac{M_n}{P_n} \\ &= \frac{206376213,7 \text{ Nmm}}{10184884,62 \text{ N}} \\ &= 20,3 \text{ mm} \\ e_{\text{min}} &= 15,24 + (0,3 \times h) \\ &= 15,24 + (0,3 \times 700\text{mm}) \\ &= 36,24 \end{aligned}$$

Cek Kondisi Balance :

$$\text{Syarat : } \varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow (f_s = f_y)$$

$$\begin{aligned}
 d &= b - \text{decking} - \emptyset_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}} \\
 &= 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 25 \text{ mm} \\
 &= 638 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 25 \text{ mm} \\
 &= 62,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d'' &= b - \text{decking} - \emptyset_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}} - \frac{1}{2} b \\
 &= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 25 \text{ mm} - \frac{1}{2} 400 \\
 &= 288 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 xb &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
 &= \frac{600}{600 + 700} \times 638 \\
 &= 382,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ab &= 0,85 \times xb \\
 &= 0,85 \times 382,5 \text{ mm} \\
 &= 325,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_s (f_y - 0,85 \times fc') \\
 &= 7853,982 \text{ mm}^2 (400 \text{ N/mm}^2 - 0,85 \\
 &\quad \times 30 \text{ N/mm}^2) \\
 &= 2205987 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 5890 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 2356194 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= 0,85 \times \beta_1 \times fc' \times b \times xb \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 400 \times 382,5 \text{ mm} \\
 &= 5803481 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0,85 \rightarrow Pb = Cc' + Cs' - T \\
 Pb &= 5803481 \text{ N} + 2205987 \text{ N} - 2356194 \text{ N} \\
 &= 5653273,851 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$Mb = Pb \times eb$$

$$\begin{aligned}
 &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 2399417222 \text{ Nmm} \\
 eb &= Mb/Pb \\
 &= 2399417222 \text{ Nmm} / 5653273,851 \text{ N} \\
 &= 424,43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$e_{min} < e_{perlu} < eb$ (kondisi tekan menentukan)

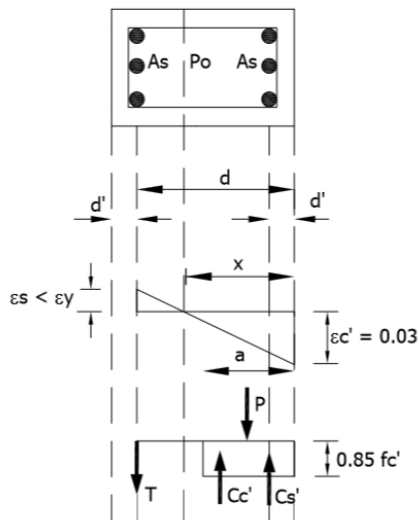
$e_{min} < e_{perlu} > eb$ (kondisi tarik menentukan)

$e_{min} < e_{perlu} < eb$

$36,24 \text{ mm} < 20,3 \text{ mm} < 424,43 \text{ mm}$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol Kondisi Tekan Menentukan



Gambar 4. 78 Penampang Kondisi Tekan Menentukan

Syarat :

$$e_{perlu} < e_b$$

$$20,3 \text{ mm} < 424,43 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Mencari nilai x

$$a = 0,54 \times d$$

$$0,85x = 0,54 \times 638 \text{ mm}$$

$$x = 405 \text{ mm}$$

$$a = 0,85x$$

$$= 0,85 \times 405 \text{ mm}$$

$$= 344 \text{ mm}$$

Syarat : $\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow (f_s < f_y)$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 0,003$$

$$= \left(\frac{638 \text{ mm}}{405 \text{ mm}} - 1 \right) \times 0,003$$

$$= 0,00172$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 600$$

$$= \left(\frac{638 \text{ mm}}{405 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600$$

$$= 344 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s$$

$$= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa}$$

$$= 0,002$$

Kontrol :

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,00172 < 0,002 \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$f_s < f_y$$

$$344 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa} \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s (f_y - 0,8) \\
 &= 5890,49 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa}) \\
 C_s' &= 2205987 \text{ N} \\
 C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 700 \text{ mm} \times 382,5 \\
 &= 5803481 \text{ N} \\
 T &= A_s \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 600 \\
 &= 5890,49 \text{ mm}^2 \left(\frac{638 \text{ mm}}{405 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600 \\
 &= 2028945 \text{ N} \\
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 5803481 \text{ N} + 2205987 \text{ N} - 2028945 \text{ N} \\
 &= 5980523 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$P > P_b$

$$5980523 \text{ N} > 5653273,851 \text{ N} \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') \\
 &\quad + T \cdot d'' \\
 &= 5803481 \left(638 - 288 - \frac{325,1}{2} \right) + 2205987 \\
 &\quad (638 - 288 - 62,5) + 2028945 \cdot d'' \\
 &= 3033775397 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$M_{npasang} > M_n$

$$3033775397 \text{ N} > 206376213,7 \text{ N} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah Y

Berdasarkan output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya dalam arah Y pada kolom sebagai berikut :

Akibat Kombinasi Gempa (0,3Ex + 1,0Ey)

$$M_{1s} = 374090500 \text{ N.mm}$$

$$M_{2s} = 414823400 \text{ N.mm}$$

Akibat Kombinasi 1,2 D + 1,6 L

$$M_{1ns} = 8513680 \text{ N.mm}$$

$$M_{2ns} = 21394500 \text{ N.mm}$$

Menghitung Nilai P_c (P kritis) pada Kolom

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{k \times L^2} \\ &= \frac{9,8696 \times 79132315723686,70}{1,75 \times 3000^2} \\ &= 49587596,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 29 \times 49587596,9 \text{ N} \\ &= 1438040311 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_u = 6620175 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 29 \times 6620175 \text{ N} \\ &= 191985075 \text{ N} \end{aligned}$$

Menghitung Faktor Pembesaran Momen (δ_s)

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \times \Sigma P_c}} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - \frac{191985075 \text{ N}}{0,75 \times 1438040311 \text{ N}}} \geq 1 \\ &= 1,22 \geq 1 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai $\delta_s = 1,22$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran Momen :

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s \times M_{1s} \\ &= 85136800 \text{ N.mm} + 1,22 \times 374090500 \text{ N.mm} \\ &= 540238168 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s \times M_{2s} \\ &= 213944500 \text{ N.mm} + 1,22 \times 414823400 \\ &\text{N.mm} \\ &= 718599648 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Diambil momen terbesar yaitu :

$$M_2 = 718599648 \text{ N.mm}$$

Menentukan Nilai ρ_{perlu} dari Diagram Interaksi

Dalam menentukan nilai ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi pada buku Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton berdasarkan SNI 1992. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah :

$$\begin{aligned} \mu h &= h - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - \emptyset \text{lentur} \\ &= 700 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - 25 \\ &= 575 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} \\ &= \frac{575 \text{ mm}}{700 \text{ mm}} \\ &= 0,82 \end{aligned}$$

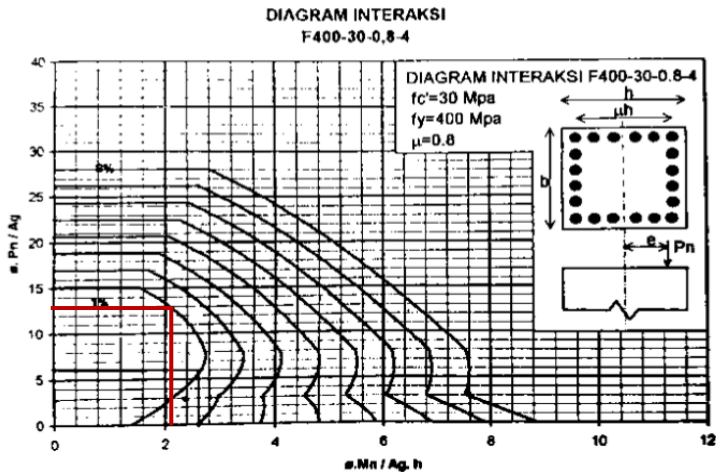
Sumbu Vertikal

$$\begin{aligned} \frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{b \times h} \\ &= \frac{6620175}{700 \times 700} \end{aligned}$$

$$= 13,511 \text{ N/mm}^2$$

Sumbu Horizontal

$$\begin{aligned} \frac{\phi M_n}{A_g \times h} &= \frac{M_u}{b \times h^2} \\ &= \frac{718599648}{700 \times 700^2} \\ &= 2,095 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4. 79 Diagram Interaksi Akibat Momen Arah Y

Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 1\% = 0,01$

Luas Tulangan Lentur Perlu

$A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$

$$= 0,010 \times 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$$

$$= 4900 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Lentur

Digunakan tulangan lentur D25

$$\text{Luas Tulangan D25} = 1/4 \times \pi \times d^2$$

$$= 1/4 \times \pi \times 25^2$$

$$= 490,874 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Pasang

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan D25}}$$

$$= \frac{4900}{490,874}$$

$$= 9,98 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Pasang

$$\text{Aspasang} = n \times 1/4 \times \pi \times d^2$$

$$= 12 \times 1/4 \times \pi \times 25^2$$

$$= 5890 \text{ mm}^2$$

Maka direncanakan penulangan kolom untuk peninjauan momen arah X menggunakan tulangan sebesar 12D25

Prosentase Tulangan Terpasang

$$\text{Prosentase} = \frac{\text{As pasang}}{b \times h} \times 100\%$$

$$= \frac{5890 \text{ mm}^2}{700\text{mm} \times 700\text{mm}} \times 100\%$$

$$= 1,20 \% < 8 \% \quad \text{(Memenuhi)}$$

Mencari e_{perlu} dan e_{min}

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{718599648 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$= 1105537921 \text{ Nmm}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$= \frac{6620175 \text{ N}}{0,65}$$

$$= 10184884,62 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{perlu}} &= \frac{M_n}{P_n} \\
 &= \frac{1105537921 \text{ Nmm}}{10184884,62 \text{ N}} \\
 &= 108,5 \text{ mm} \\
 e_{\text{min}} &= 15,24 + (0,3 \times h) \\
 &= 15,24 + (0,3 \times 700\text{mm}) \\
 &= 36,24
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi Balance :

Syarat : $\epsilon_s = \epsilon_y \rightarrow (f_s = f_y)$

$$\begin{aligned}
 d &= b - \text{decking} - \emptyset_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}} \\
 &= 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 25 \text{ mm} \\
 &= 638 \text{ mm} \\
 d' &= \text{decking} + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 25 \text{ mm} \\
 &= 62,5 \text{ mm} \\
 d'' &= b - \text{decking} - \emptyset_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}} - \frac{1}{2} b \\
 &= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 25 \text{ mm} - \frac{1}{2} 400 \\
 &= 288 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
 &= \frac{600}{600 + 700} \times 638 \\
 &= 382,5 \text{ mm} \\
 a_b &= 0,85 \times x_b \\
 &= 0,85 \times 382,5 \text{ mm} \\
 &= 325,1 \text{ mm} \\
 C_s' &= A_s (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 7853,982 \text{ mm}^2 (400 \text{ N/mm}^2 - 0,85 \\
 &\quad \times 30 \text{ N/mm}^2) \\
 &= 2205987 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 5890 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 2356194 \text{ N} \\
 C_s' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 400 \times 382,5 \text{ mm} \\
 &= 5803481 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0,85 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\
 P_b &= 5803481 \text{ N} + 2205987 \text{ N} - 2356194 \text{ N} \\
 &= 5653273,851 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= P_b \times e_b \\
 &= C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 2399417222 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= 2399417222 \text{ Nmm} / 5653273,851 \text{ N} \\
 &= 424,43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$e_{min} < e_{perlu} < e_b$ (kondisi tekan menentukan)

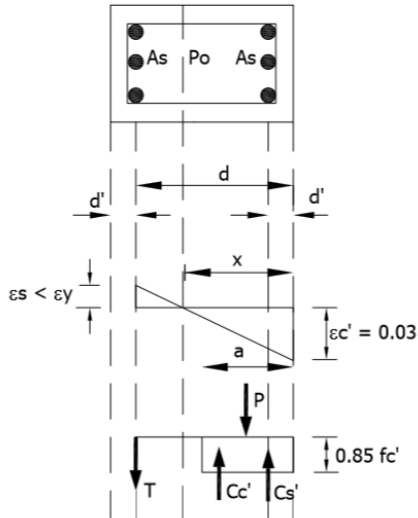
$e_{min} < e_{perlu} > e_b$ (kondisi tarik menentukan)

$e_{min} < e_{perlu} < e_b$

$36,24 \text{ mm} < 108,5 \text{ mm} < 424,43 \text{ mm}$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol Kondisi Tekan Menentukan



Gambar 4. 80 Penampang Kondisi Tekan Menentukan

Syarat :

$e_{perlu} < e_b$

$108,5 \text{ mm} < 424,43 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Mencari nilai x

$$a = 0,54 \times d$$

$$0,85x = 0,54 \times 638 \text{ mm}$$

$$x = 405 \text{ mm}$$

$$a = 0,85x$$

$$= 0,85 \times 405 \text{ mm}$$

$$= 344 \text{ mm}$$

Syarat : $\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow (f_s < f_y)$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 0,003$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{638 \text{ mm}}{405 \text{ mm}} - 1 \right) \times 0,003 \\
 &= 0,00172 \\
 f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 600 \\
 &= \left(\frac{638 \text{ mm}}{405 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600 \\
 &= 344 \text{ Mpa} \\
 \epsilon_y &= f_y / E_s \\
 &= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &< \epsilon_y \\
 0,00172 &< 0,002 && \text{(Memenuhi)} \\
 F_s &< F_y \\
 344 \text{ Mpa} &< 400 \text{ Mpa} && \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s (f_y - 0,8 \\
 &= 5890,49 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa}) \\
 &= 2205987 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 700 \text{ mm} \times 382,5 \\
 &= 5803481 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 600 \\
 &= 5890,49 \text{ mm}^2 \left(\frac{638 \text{ mm}}{405 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600 \\
 &= 2028945 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 5803481 \text{ N} + 2205987 \text{ N} - 2028945 \text{ N} \\
 &= 5980523 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$P > P_b$$

$$5980523 \text{ N} > 5653273,851 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

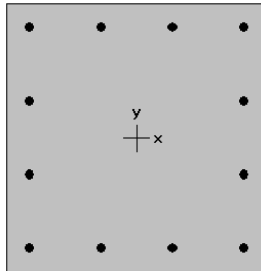
$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') \\ &\quad + T \cdot d'' \\ &= 5803481 \left(638 - 288 - \frac{325,1}{2} \right) + 2205987 \\ &\quad (638 - 288 - 62,5) + 2028945 \cdot d'' \\ &= 3033775397 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$M_{npasang} > M_n$$

$$3033775397 \text{ N} > 1105537921 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga kolom dipasang berdasarkan penulangan lentur terbesar, yaitu pada sumbu Y maka dipasang sebesar 12D25 dengan model pemasangan tulangan sebagai berikut :



Gambar 4. 81 Penampang Kolom K2

Prosentase Tulangan Terpasang

$$\begin{aligned} \text{Aspasang} &= n \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 12 \times 1/4 \times \pi \times 25^2 \\ &= 5890 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{aligned} \% \text{ Tulangan} &= \frac{\text{Luas tulangan terpasang}}{\text{Luas bruto penampang}} \times 100\% \\ &= \frac{5890 \text{ mm}^2}{700\text{mm} \times 700\text{mm}} \times 100\% \\ &= 1,20 \% < 8 \% \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi :

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} = 40 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} = 40 \text{ mm} \rightarrow \text{perbesar penampang kolom}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

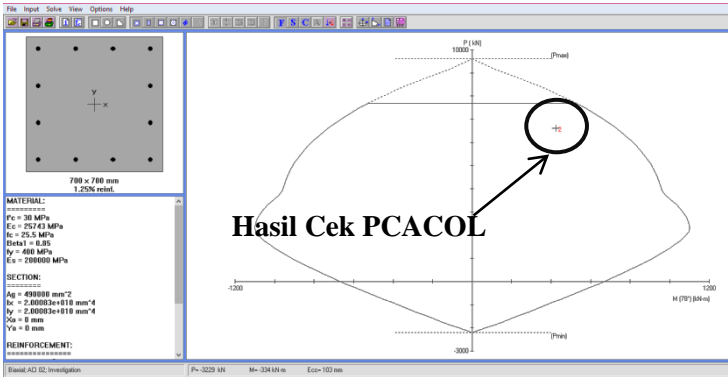
$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{b - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{Øgeser}) - (n \cdot \phi b)}{n - 1} \\ &= \frac{700 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (12 \cdot 22)}{12 - 1} \\ &= 116,67 \text{ mm} \\ &= 116,67 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka tulangan lentur disusun 1 lapis.

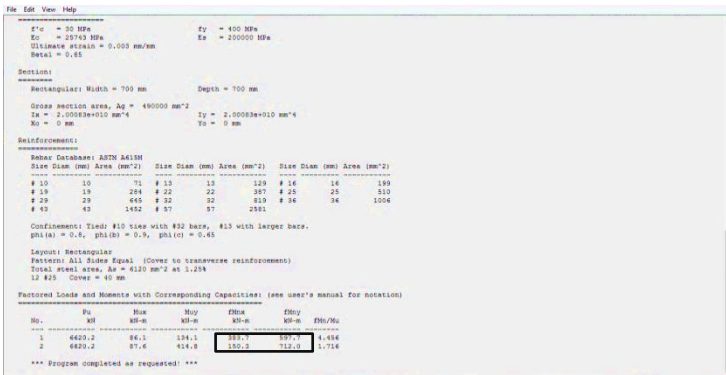
Cek dengan Program PCAColomn

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan dalam analisis PCAColomn, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :

Mutu beton (f_c')	= 30 MPa
Mutu baja tulangan (f_y)	= 400 MPa
Modulus elastisitas	= 25743 MPa
β_1	= 0,85
b kolom	= 700 mm
h kolom	= 700 mm
Mux (M3 terbesar kombinasi SAP)	= 87,574 kNm
Muy (M2 terbesar kombinasi SAP)	= 414,823 kNm
Pu (kombinasi ultimate)	= 6620,17 kN
Tulangan kolom pasang	= 12D25



Gambar 4. 82 Grafik Akibat Momen Pada PcaColumn



Gambar 4. 83 Hasil Output Pada PcaColumn

Berdasarkan output PCAColomn
 Mux = 87,574 kNm < Mn = 383,700 kNm
 Muy = 414,823 kNm < Mn2 = 597,700 kNm

Maka kolom dipasang tulangan 12D25
 Prosentase Tulangan Terpasang
 Aspasang = $n \times 1/4 \times \pi \times d^2$
 = $12 \times 1/4 \times \pi \times 25^2$
 = 5890 mm²

Cek Persyaratan

$$\begin{aligned} \% \text{ Tulangan} &= \frac{\text{Luas tulangan terpasang}}{\text{Luas bruto penampang}} \times 100\% \\ &= \frac{5890 \text{ mm}^2}{700\text{mm} \times 700\text{mm}} \times 100\% \\ &= 1,20 \% < 8 \% \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kesimpulan :

Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh analisis program PCAColomn lebih besar daripada momen ultimate perhitungan manual oleh penampang kolom dan tulangannya maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

4.6.2.2 Perhitungan Penulangan Geser

- Data Perencanaan

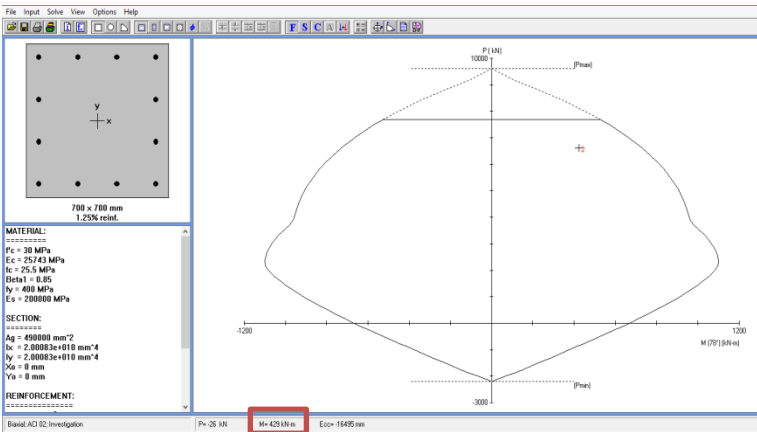
Tipe Kolom	= K1
As Kolom	= 2-C
Frame Kolom	= 41
Tinggi Kolom	= 3000 mm
Lebar Kolom (b_{kolom})	= 700 mm
Tinggi Kolom (h_{kolom})	= 700 mm
Kuat Tekan Beton (f_c ;))	= 30 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E_c)	= $4700 \sqrt{f_c}$
Modulus Elastisitas Baja (E_s)	= 200000 MPa
Kuat Leleh Tulangan Lentur ($f_{y_{\text{lentur}}}$)	= 400 MPa
Kuat Leleh Tulangan Geser ($f_{y_{\text{geser}}}$)	= 240 MPa
Diameter Tulangan Lentur ($\emptyset_{\text{lentur}}$)	= 25 mm
Diameter Tulangan Geser (\emptyset_{geser})	= 10 mm
Faktor Reduksi Kekuatan Geser (ϕ)	= 0,75
- [SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2(3)]*

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom sebagai berikut :

$$P_u = (1,2D+1,6L+0,5L_r) = 6620175 \text{ N}$$

$$V_u = (1,2D+1L+0,3E_y+1E_x) = 257422 \text{ N}$$

Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM diambil dari hasil pacolum sebagai berikut:



Gambar 4. 84 Gaya Lintang Rencana Untuk SRPMM

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

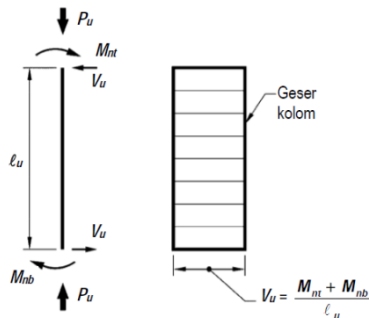
No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMy kN-m	fMn/Mu
1	6620.2	86.1	134.1	383.7	597.7	4.456
2	6620.2	87.6	414.8	150.3	712.0	1.716

*** Program completed as requested! ***

Gambar 4. 85 Hasil Output Pracolumn

$$M_{ut} = 429000000 \text{ N.mm}$$

$$M_{ub} = 429000000 \text{ N.mm}$$



Gambar 4. 86 Lintang Rencana Untuk SRPMM

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5)

Dimana :

M_{nt} = momen nominal atas kolom

M_{nb} = momen nominal bawah kolom

$$M_{nt} = \frac{M_{ut}}{\phi}$$

$$= \frac{429000000}{0,75} = 572000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = \frac{M_{ub}}{\phi}$$

$$= \frac{429000000}{0,75} = 572000000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{L_u}$$

$$= \frac{572000000 + 572000000}{3000}$$

$$= 381333,3333 \text{ N}$$

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa
(SNI 03-2847-2013)

$$\sqrt{f'c'} < 25/3$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33$$

(Memenuhi)

Kuat Geser Beton (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left[1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \left[1 + \frac{6620175}{14 \times 700^2} \right] \times \lambda \times \sqrt{30} \times 700 \times 638 \\ &= 816506 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{smin} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 700 \times 638 = 147263 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= 0,33 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 700 \times 638 = 806590 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,67 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= 0,67 \times \sqrt{30} \times 700 \times 638 = 1613180 \text{ N} \end{aligned}$$

Periksa Syarat

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c$$

→ tidak perlu tulangan geser **(Tidak memenuhi)**

$$381333,33 \text{ N} > 306190 \text{ N}$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c$$

→ tulangan geser minimum

$$306190 \text{ N} < 381333,33 \text{ N} < 612379,23 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smin})$$

→ tulangan geser minimum

Kondisi 4

$$\emptyset \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + V_{smax})$$

→ tulangan geser

Kondisi 5

$$\emptyset \times (V_c + V_{smax}) \leq V_u \leq \emptyset \times (V_c + 2V_{smax})$$

→ tulangan geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan **Kondisi 2.**

$$V_{sperlu} = V_s \text{ min}$$

$$= 147263 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10$ mm dengan dua kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = (0,25 \times \pi \times D^2) \times n_{\text{kaki}}$$

$$= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 2$$

$$= 157,079 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser perlu (Sperlu)

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{157,079 \times 240 \times 638}{147263}$$

$$= 163,199 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser

$$S_{\text{pakai}} \leq d/2$$

$$150 \text{ mm} < 319 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 600 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Cek Persyaratan SRPMM untuk Kekuatan Geser Kolom

1. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.2.5.2, spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang

L_0 dari muka hubungan balok-kolom S_0 . Spasi S_0 tersebut tidak boleh melebihi :

- a. Delapan kali tulangan longitudinal terkecil,
 $S_0 \leq 8 \times \varnothing_{\text{lentur}}$
 $150 \text{ mm} \leq 200 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- b. 24 kali diameter sengkang ikat
 $S_0 \leq 24 \times \varnothing_{\text{sengkang}}$
 $150 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- c. Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur
 $S_0 \leq \frac{1}{2} b$
 $150 \text{ mm} \leq 350 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- d. $S_0 \leq 300 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka digunakan $\varnothing 10$ -150 mm

1. Panjang L_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini :
 - a. Seperenam tinggi bersih kolom
 $L_0 = \frac{1}{6} \times (3000 \text{ mm} - 700 \text{ mm})$
 $L_0 = 383 \text{ mm}$
 - b. Dimensi terbesar penampang kolom
 $L_0 = 700 \text{ mm}$
 - c. $L_0 > 450 \text{ mm}$
 Maka dipakai L_0 sebesar 350 mm
 Sehingga dipasang tulangan sengkang $\varnothing 10$ -150 mm sejarak 350 mm dari muka hubungan balok-kolom.
2. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih dari $0,5 \times S_0 = 0,5 \times 150 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok kolom.
3. Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_0 = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$.
 Maka pada daerah setelah sejarak $L_0 = 350 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok kolom tetap dipasang sengkang sebesar $\varnothing 10$ -150.

4.6.2.3 Perhitungan Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.16, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,071 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 420$ MPa atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 400 \times 25 \geq 300 \text{ mm}$$

$$710 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 800 mm

4.6.2.4 Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2*

panjang penyaluran diambil terbesar dari :

$$\frac{L_d}{d_b} = \frac{f_y}{1,1\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{c + k_{tr}}{d_b}\right)}$$

$$\frac{L_d}{25} = \frac{400}{1,1 \cdot 1 \times \sqrt{30}} \times \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{\left(\frac{40 + 0}{25}\right)}$$

$$\frac{L_d}{25} = \frac{400}{1,1 \cdot 1 \times \sqrt{30}} \times \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{\left(\frac{40 + 0}{25}\right)}$$

$$L_d = 1037,4 \text{ mm} \approx 1100 \text{ mm}$$

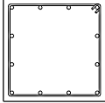
$$F_s = 60\% \times f_y$$

$$= 240 \text{ Mpa}$$

$$F_s > f_y \rightarrow L_d \text{ pakai} = 1,3 \times 1100 \text{ mm}$$

$$= 1430 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm}$$

4.6.2.5 Gambar Penulangan Kolom

NOTASI	K1
GAMBAR	
DIMENSI	700 X 700
TULANGAN	12 D 25
SENGKANG	Ø 10-150mm

Gambar 4. 87 Gambar Penulangan Kolom K1

4.6.2.6 Rekapitulasi Penulangan Kolom

Kolom	Dimensi	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	Panjang Penyaluran
KP	70/70	12 D 25	Ø10 150 mm	1500 mm
K1	70/70	12 D 25	Ø10 150 mm	1500 mm
KL	50/50	8 D 25	Ø10 150 mm	1500 mm

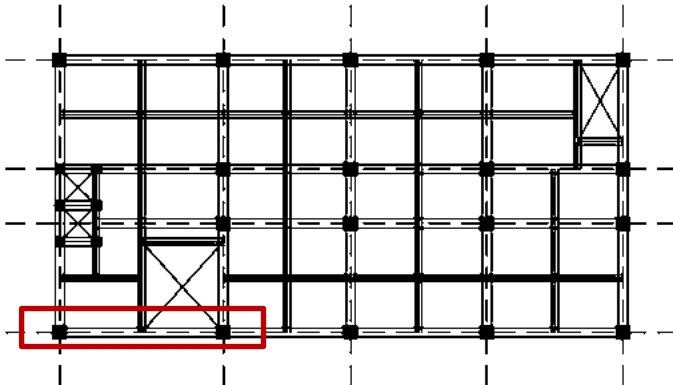
4.7 Perhitungan Volume

4.7.1 Perhitungan Volume Portal Memanjang

4.7.2.1 Perhitungan Volume Balok

Berikut salah satu perhitungan volume balok sloof BS (50/75) As 1 (A-B) untuk perhitungan volume portal Memanjang. Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

Bentang balok	= 9000 mm
Tulangan tumpuan kanan tarik	= 8D22
Tulangan tumpuan kanan tekan	= 4D22
Tulangan tumpuan kiri tarik	= 8D22
Tulangan tumpuan kiri tekan	= 4D22
Tulangan lapangan tarik	= 4D22
Tulangan lapangan tekan	= 4D22
Tulangan torsi	= 4D22
Tulangan geser tumpuan	= Ø10-100
Tulangan geser lapangan	= Ø10-150
Tebal selimut beton	= 30 mm
Panjang penyaluran (L_d) tarik	= 800 mm
Panjang penyaluran (L_d) tekan	= 500 mm



Gambar 4. 88 Denah Pembalokan yang Ditinjau

Perhitungan volume tulangan diambil dari perhitungan bestat. Bestat dihitung sesuai tipe dan bentang masing-masing balok pada portal memanjang. Perhitungan bestat balok BS lantai 1 As 1 (A-B) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma\emptyset 10 &= 57,935 \text{ Kg} + 79,002 \text{ Kg} + 57,935 \text{ Kg} \\ &= 194,872 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\Sigma D16 = 66,907 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}\Sigma D22 &= 63,261 \text{ Kg} + 68,930 \text{ Kg} + 32,824 \text{ Kg} \\ &\quad + 68,930 \text{ Kg} + 59,680 \text{ Kg} + 19,396 \text{ Kg} \\ &\quad + 19,396 \text{ Kg} \\ &= 332,418 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Vol tul} &= \Sigma\emptyset 10 + \Sigma D16 + \Sigma D22 \\ &= 194,872 \text{ Kg} + 66,907 \text{ Kg} + 332,418 \text{ Kg} \\ &= 594,196 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Perhitungan volume beton balok BS lantai 1 As 1 (A-B) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Vol beton} &= b \times h \times \text{bentang} \\ &= 0,5 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 9 \text{ m} \\ &= 3,375 \text{ m}^3\end{aligned}$$

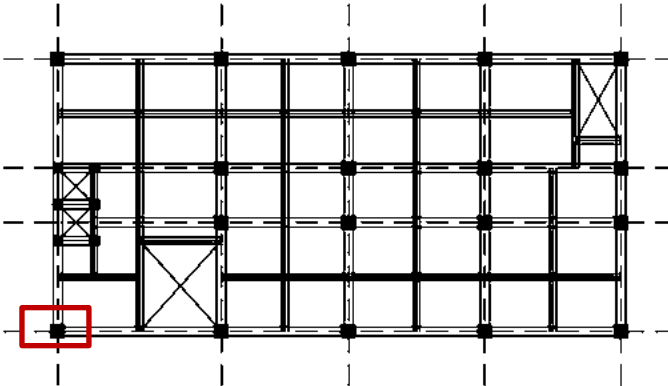
Perbandingan volume tulangan dan volume beton balok BS lantai 1 As 1 (A-B) yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Rasio} &= \frac{\Sigma \text{Vol tulangan}}{\Sigma \text{Vol beton}} \\ &= \frac{594,196 \text{ Kg}}{3,375 \text{ m}^3} \\ &= 176,058 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

4.7.2.2 Perhitungan Volum Kolom

Berikut salah satu perhitungan volume kolom K1 (70/70) As 1 lantai 1 untuk perhitungan volume portal Memanjang. Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

Tinggi kolom	= 3000 mm
Tulangan lentur	= 12D25
Tulangan geser tumpuan	= Ø10-150
Tulangan geser lapangan	= Ø10-150
Tebal selimut beton	= 40 mm
Panjang penyaluran (L_d)	= 1500 mm



Gambar 4. 89 Denah kolom yang Ditinjau

Tabel 4. 48 Perhitungan Bestat Tulangan Kolom K1 Lantai 1 As 1A

LANTAI 1																	
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)										Total Berat Besi (kg/m)	Volume D10 (kg)
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	Panjang Total (m)		
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 Bentuk Kolom 3000 Tulangan Atas 4025 Tulangan Bawah 4025 Tulangan Kanan 4025 Tulangan Kiri 4025 Sengkang Ø10-150 Panjang Penyaluran Selimut Beton 1500mm 40mm 	a. Tulangan Atas b. Tulangan Bawah c. Tulangan Kanan d. Tulangan Kiri a. Tulangan Atas b. Tulangan Bawah c. Tulangan Kanan d. Tulangan Kiri c. Tulangan Kanan d. Sengkang	4-025 4-025 4-025 4-025 20-D10	3000 3000 3000 3000 120 1240 1240 120	1500 1500 1500 1500 1240 1240 1240 120	1500 1500 1500 1500 1240 1240 1240 120	1500 1500 1500 1500 1240 1240 1240 120	1500 1500 1500 1500 1240 1240 1240 120	1500 1500 1500 1500 1240 1240 1240 120	4 4 4 4 20	3.8536 3.8536 3.8536 3.8536 1.705	17.341 17.341 17.341 17.341 33.540	69.365 69.365 69.365 69.365 33.540		

Perhitungan volume tulangan diambil dari perhitungan bestat. Bestat dihitung sesuai tipe dan bentang masing-masing kolom pada portal memanjang. Perhitungan bestat kolom K1 lantai 1 As 1A sebagai berikut:

$$\Sigma\emptyset 10 = 33,54 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}\Sigma D25 &= 69,365 \text{ Kg} + 69,365 \text{ Kg} + 69,365 \text{ Kg} \\ &\quad + 69,365 \text{ Kg} \\ &= 277,46 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Vol tul} &= \Sigma\emptyset 10 + \Sigma D25 \\ &= 33,54 \text{ Kg} + 277,46 \text{ Kg} \\ &= 311 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Perhitungan volume beton kolom K1 lantai 1 As 1A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Vol beton} &= b \times h \times \text{bentang} \\ &= 0,7 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\ &= 1,47 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Perbandingan volume tulangan dan volume beton kolom k1 lantai 1 As 1A yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Rasio} &= \frac{\Sigma \text{Vol tulangan}}{\Sigma \text{Vol beton}} \\ &= \frac{311 \text{ Kg}}{1,47 \text{ m}^3} \\ &= 211,6 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan bestat setiap tipe balok dan kolom pada portal memanjang didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 49 Hasil Perhitungan Bestat Portal Memanjang

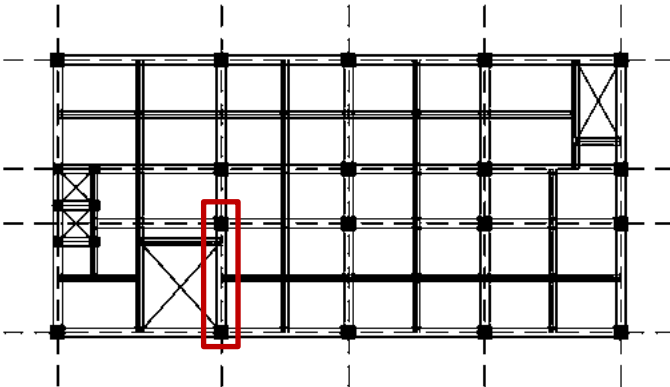
Elemen	Tipe	Lantai	Bentang	Dimensi		Volume Tulangan	Volume Beton	Rasio
			(m)	b (m)	h (m)	(kg)	(m ³)	(Kg/m ³)
Kolom	KP	Lantai 0	1	0,7	0,7	824,726	2,450	336,623
Kolom	K1	Lantai 1	3	0,7	0,7	1554,998	7,350	211,564
Kolom	K1	Lantai 2	4	0,7	0,7	1920,134	9,800	195,932
Kolom	K1	Lantai 3	4	0,7	0,7	1920,134	9,800	195,932
Kolom	K1	Lantai 4	4	0,7	0,7	1920,134	9,800	195,932
Kolom	K1	Lantai 5	4	0,7	0,7	1920,134	9,800	195,932
Kolom	K1	Lantai 6	4	0,7	0,7	1920,134	9,800	195,932
Kolom	K1	Lt. Atap	4	0,7	0,7	1920,134	9,800	195,932
\bar{X}								215,475
Balok	BS	Lantai 1	31	0,5	0,75	2195,515	11,625	162,631
Balok	BI 1	Lantai 2	31	0,5	0,75	2784,267	11,625	206,242
Balok	BI 2	Lantai 3	31	0,5	0,75	1968,429	11,625	145,810
Balok	BI 2	Lantai 4	31	0,5	0,75	1968,429	11,625	145,810
Balok	BI 2	Lantai 5	31	0,5	0,75	1968,429	11,625	145,810
Balok	BI 2	Lantai 6	31	0,5	0,75	1968,429	11,625	145,810
Balok	BI 3	Lt. Atap	31	0,5	0,75	1528,587	11,625	113,229
Balok	BI 3	Rooftop	31	0,5	0,75	1528,587	11,625	113,229
\bar{X}								147,321
\bar{X} Total Portal								181,397

4.7.2 Perhitungan Volume Portal Melintang

4.7.2.3 Perhitungan Volume Balok

Berikut salah satu perhitungan volume balok sloof BS (50/75) As B (1-2) untuk perhitungan volume portal Memanjang. Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

Bentang balok	= 6000 mm
Tulangan tumpuan kanan tarik	= 8D22
Tulangan tumpuan kanan tekan	= 4D22
Tulangan tumpuan kiri tarik	= 8D22
Tulangan tumpuan kiri tekan	= 4D22
Tulangan lapangan tarik	= 4D22
Tulangan lapangan tekan	= 4D22
Tulangan torsi	= 4D22
Tulangan geser tumpuan	= Ø10-100
Tulangan geser lapangan	= Ø10-150
Tebal selimut beton	= 30 mm
Panjang penyaluran (L_d) tarik	= 800 mm
Panjang penyaluran (L_d) tekan	= 500 mm



Gambar 4. 90 Denah Pembalokan yang Ditinjau

Perhitungan volume tulangan diambil dari perhitungan bestat. Bestat dihitung sesuai tipe dan bentang masing-masing balok pada portal melintang. Perhitungan bestat balok BS lantai 1 As B (1-2) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma\emptyset 10 &= 38,184 \text{ Kg} + 52,668 \text{ Kg} + 38,184 \text{ Kg} \\ &= 129,04 \text{ Kg} \\ \Sigma D16 &= 47,971 \text{ Kg} \\ \Sigma D22 &= 45,357 \text{ Kg} + 55,502 \text{ Kg} + 23,872 \text{ Kg} \\ &\quad + 55,502 \text{ Kg} + 41,776 \text{ Kg} + 14,920 \text{ Kg} \\ &\quad + 14,920 \text{ Kg} \\ &= 251,85 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Vol tul} &= \Sigma\emptyset 10 + \Sigma D16 + \Sigma D22 \\ &= 129,04 \text{ Kg} + 47,971 \text{ Kg} + 251,85 \text{ Kg} \\ &= 428,86 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Perhitungan volume beton balok BS lantai 1 As B (1-2) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Vol beton} &= b \times h \times \text{bentang} \\ &= 0,5 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 6 \text{ m} \\ &= 2,1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

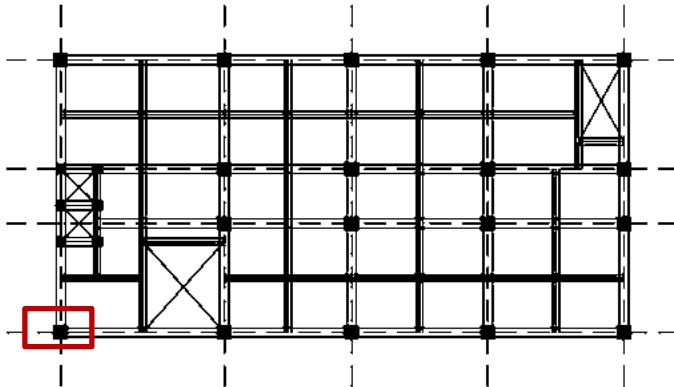
Perbandingan volume tulangan dan volume beton balok BS lantai 1 As B (1-2) yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Rasio} &= \frac{\Sigma \text{Vol tulangan}}{\Sigma \text{Vol beton}} \\ &= \frac{428,86 \text{ Kg}}{2,1 \text{ m}^3} \\ &= 204,22 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

4.7.2.4 Perhitungan Volum Kolom






Berikut salah satu perhitungan volume kolom K1 (70/70) As B lantai 1 untuk perhitungan volume portal Memanjang. Data-data perencanaan perhitungan penulangan balok adalah sebagai berikut :

Tinggi kolom	= 3000 mm
Tulangan lentur	= 12D25
Tulangan geser tumpuan	= Ø10-150
Tulangan geser lapangan	= Ø10-150
Tebal selimut beton	= 40 mm
Panjang penyaluran (L_d)	= 1500 mm



Gambar 4. 91 Denah kolom yang Ditinjau

Tabel 4. 51 Perhitungan Bestat tulangan kolom K1 Lantai 1 As B1

LANTAI 1																					
No.	Lokasi	Type	Bentuk penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang Total (m)	Total Bungkakan (bh)	Berat Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	Volume D10 (kg)	D25 (kg)
						a	b	c	d	e	f	g	h	i							
1	As-1	K1																			
	Dimensi Kolom		700																		
	Bentang Kolom		3000																		
	Tulangan Atas		4D25																		
	Tulangan Bawah		4D25																		
	Tulangan Kanan		4D25																		
	Tulangan Kiri		4D25																		
	Sengkang		Ø10-150																		
	Panjang Penyaluran Selimut Beton		1500mm 40mm																		
	a. Tulangan Atas			4	D25	3000	1500								4.50	4	3.8536	17.341			69.365
	b. Tulangan Bawah			4	D25	3000	1500								4.50	4	3.8536	17.341			69.365
	c. Tulangan Kanan			4	D25	3000	1500								4.50	4	3.8536	17.341			69.365
	c. Tulangan Kanan			4	D25	3000	1500								4.50	4	3.8536	17.341			69.365
	d. Sengkang			20	D10			120	1240	1240	120				2.72	20	0.627	1.705			33.540

Perhitungan volume tulangan diambil dari perhitungan bestat. Bestat dihitung sesuai tipe dan bentang masing-masing kolom pada portal memanjang. Perhitungan bestat kolom K1 lantai 1 As B1 sebagai berikut:

$$\Sigma \emptyset 10 = 33,54 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma D25 &= 69,365 \text{ Kg} + 69,365 \text{ Kg} + 69,365 \text{ Kg} \\ &\quad + 69,365 \text{ Kg} \\ &= 277,46 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{Vol tul} &= \Sigma \emptyset 10 + \Sigma D25 \\ &= 33,54 \text{ Kg} + 277,46 \text{ Kg} \\ &= 311 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Perhitungan volume beton kolom K1 lantai 1 As 1A sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma \text{Vol beton} &= b \times h \times \text{bentang} \\ &= 0,7 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\ &= 1,47 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perbandingan volume tulangan dan volume beton kolom k1 lantai 1 As 1A yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Rasio} &= \frac{\Sigma \text{Vol tulangan}}{\Sigma \text{Vol beton}} \\ &= \frac{311 \text{ Kg}}{1,47 \text{ m}^3} \\ &= 211,6 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan bestat setiap tipe balok dan kolom (terlampir) pada portal melintang didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 52 Hasil Perhitungan Bestat Portal Melintang

Elemen	Tipe	Lantai	Bentang	Dimensi		Volume Tulangan	Volume Beton	Rasio
			(m)	b (m)	h (m)	(kg)	(m ³)	(Kg/m ³)
Kolom	KP	Lantai 0	1	0,7	0,7	659,780	1,960	336.623
Kolom	K1	Lantai 1	3	0,7	0,7	1243,998	5,880	211.564
Kolom	K1	Lantai 2	4	0,7	0,7	1536,107	7,840	195.932
Kolom	K1	Lantai 3	4	0,7	0,7	1536,107	7,840	195.932
Kolom	K1	Lantai 4	4	0,7	0,7	1536,107	7,840	195.932
Kolom	K1	Lantai 5	4	0,7	0,7	1536,107	7,840	195.932
Kolom	K1	Lantai 6	4	0,7	0,7	1536,107	7,840	195.932
Kolom	K1	Lt. Atap	4	0,7	0,7	1536,107	7,840	195.932
\bar{X}								215,472
Balok	BS	Lantai 1	15	0,5	0,75	1167,187	5,625	115,278
Balok	BI 7	Lantai 2	15	0,5	0,75	1374,896	5,625	135,792
Balok	BI 4	Lantai 3	15	0,5	0,75	1312,407	5,625	129,620
Balok	BI 4	Lantai 4	15	0,5	0,75	1312,407	5,625	129,620
Balok	BI 5	Lantai 5	15	0,5	0,75	1060,893	5,625	104,780
Balok	BI 5	Lantai 6	15	0,5	0,75	1060,893	5,625	104,780
Balok	BI 6	Lt. Atap	15	0,5	0,75	790,543	5,625	78,078
Balok	BI 6	Rooftop	15	0,5	0,75	790,543	5,625	78,078
\bar{X}								109,503
\bar{X} Total Portal								162,488

4.8 Metode Pelaksanaan Kolom

Pada pekerjaan kolom, hal yang pertama dilakukan ialah menentukan titik kolom, setelah itu menentukan stek tulangan kolom untuk lantai 1 dan *marking* kolom tersebut, bersamaan pula dilakukan pekerjaan pabrikan yang dilakukan di lokasi besi. Setelah dipabrikan, tulangan diangkut ke area titik kolom dan memasang tulangan kolom, kemudian pemasangan sepatu kolom untuk menandai tebal selimut kolom setelah tulangan tulangan kolom selesai dipasang. Pemasangan bekisting dilakukan dengan cara konvensional (tenaga manusia), kemudian dicek ketegakan kolom apabila kolom tersebut telah lurus kolom siap untuk dilakukan pengecoran dan setelah 7 jam, bekisting kolom boleh dibongkar.

Pekerjaan kolom yang ditinjau pada bangunan gedung kuliah fakultas teknik di Malang adalah pekerjaan kolom beton bertulang. Beton yang digunakan menggunakan beton *ready-mix* dengan mutu beton $f_c'30$ MPa. Dimensi kolom yang ditinjau setipe yaitu dimensi 70 x 70 cm sesuai dengan gambar perencanaan. Tahapan pekerjaan kolom meliputi pekerjaan tulangan, pekerjaan bekisting, pekerjaan pengecoran, dan pekerjaan pembongkaran bekisting.

4.8.1 Pekerjaan Penulangan

Pekerjaan penulangan kolom menggunakan sistem perakitan ditempat los besi, untuk *ring* atau sengkang kolom, akan tetapi untuk tulangan utama sistem perakitan di tempat pengerjaan bangunan. Tulangan yang digunakan adalah tulangan ulir D25 untuk tulangan lentur dan tulangan polos Ø10 untuk sengkang. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan untuk pekerjaan penulangan kolom.

- Baja sesuai diameter rencana
- Kawat bendrat untuk pengikat antar tulangan

- Tang besi untuk mengikat kawat
- Mesin pemotong tulangan
- Meteran untuk pengukuran tulangan
- Kapur atau penanda lain
- Gunting pemotong tulangan manual
- Mesin pembengkok tulangan

Tahapan pelaksanaan pekerjaan penulangan kolom meliputi :

- a. Pemotongan baja tulangan untuk sengkang atau *ring* kolom berdasarkan dimensi yang telah direncanakan dan pemotongan tulangan utama kolom di los besi.
- b. Pengangkutan baja tulangan menggunakan alat berat *truck* dari lokasi los besi ke lokasi proyek.
- c. Selanjutnya pengangkutan baja tulangan siap rakit ke area dekat dengan kolom yang akan dipasang tulangan dengan menggunakan *mobile crane*. Pengangkatan tulangan kolom dilakukan dengan menyelipkan tulangan diantara sengkang kemudian seling *tower crane* diikat pada tulangan tersebut.
- d. Perakitan tulangan utama dan sengkang kolom serta mengatur jarak sengkang kolom baik itu untuk tumpuan maupun lapangan, kemudian dipasang stek kolom.
- e. Memperkuat sambungan stek kolom dengan tulangan utama dengan menggunakan kawat bendrat.

Penyambungan tulangan kolom dilakukan oleh 3 orang tukang yang berdiri di 3 sisi kolom untuk memasukkan tulangan atas ke bagian dalam tulangan bawah dengan panjang sesuai perencanaan seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 92 Hasil Sambungan Tulangan Kolom

4.8.2 Pekerjaan Bekisting

Setelah tulangan terpasang dan cukup kaku, lalu dipasang beton *decking* sesuai ketentuan. Beton *decking* ini berfungsi untuk menjaga tulangan agar sesuai dengan posisi yang diinginkan, atau bisa dibilang sebagai selimut beton. Saat akhir pemasangan *bekisting* pada kolom, sisi paling atas terlebih dahulu dilakukan pengaturan antara jarak *bekisting* dengan tulangan untuk mendapatkan ketebalan selimut beton sesuai dengan yang disyaratkan yaitu 4 cm.

Pekerjaan bekisting pada kolom menggunakan sistem semi konvensional. Acuan pada bekisting kolom menggunakan *plywood* dan sabuk pengikatnya menggunakan baja *hollow*. Bekisting pada kolom menggunakan 4 sabuk pengikat serta *clemp* sebagai penjepit antarsiku. Alat dan bahan untuk pekerjaan bekisting kolom meliputi:

- Meteran untuk pengukuran
- *Plywood* 12mm untuk penahan langsung berat beban, tulangan, dan berat beton segar.

- *Clemp* untuk pengikat sabuk kolom
- Sabuk pengikat sebagai pengikat penahan/ bekisting kolom
- Sepatu kolom, sebagai penanda selimut kolom
- Unting-unting

Tahapan pekerjaan bekisting kolom ialah sebagai berikut:

- a. Pemasangan kaki kolom untuk menentukan selimut beton kolom. Pemasangan kaki kolom menggunakan plat besi dan las sebagai pengikatnya.
- b. Karena bekisting kolom menggunakan sistem semi *modern*, perakitannya telah dilakukan dilos kayu. Selanjutnya bekisting kolom yang diangkat menggunakan *mobile crane* kemudian ditempatkan pada kolom yang telah diberi kaki kolom.
- c. Setelah terpasang maka kunci sabuk pengunci menggunakan *clemp*.
- d. Untuk menjaga ketegakan dan kelurusan pada bekisting, maka digunakan unting-unting.

4.8.3 Pekerjaan Pengecoran

Pekerjaan pengecoran kolom dilakukan setelah pekerjaan bekisting selesai dikerjakan. Pengecoran kolom menggunakan beton *ready mix* dengan mutu beton $F_c' 30$ MPa. Berikut adalah alat yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengecoran:

- Beton segar *Ready-mix* $f_c' 30$ MPa.
- *Bucket* untuk penampungan beton
- Selang *Tremi* yang tersambung dengan *bucket*
- Mesin *Vibrator* untuk memadatkan beton segar

Pada pekerjaan kolom terdapat langkah teknik yang harus dipersiapkan yaitu :

- a. Pengecekan tulangan dan kondisi bekisting yang sudah siap. Hal ini dilakukan oleh seorang (*Quality Control*).
- b. Jika sudah dilakukan pengecekan maka langkah selanjutnya ialah mengisi surat ijin cor.
- c. Setelah pengecekan selesai dilakukan, selanjutnya menyerahkan surat ijin cor kepada pengawas MK.
- d. Melakukan pengecekan ulang bersama pengawas MK.
- e. Jika hasil lapangan telah benar sesuai dengan pengawasan MK, selanjutnya penandatanganan surat ijin cor dan area siap dilakukan pengecoran.

Tahapan pekerjaan kolom meliputi :

- a. Memastikan semua tulangan dan bekisting telah dicek.
- b. Pengujian *test slump* dan kuat tekan beton. Pengujian *test slump* bertujuan untuk mengetahui nilai kelecakan suatu beton segar hasil uji slump untuk kolom minimal 10 mm dan maksimal 20 mm. tergantung pada kesepakatan pengantar beton *Ready Mix*.
- c. Menuangkan beton segar ke dalam area kolom siap cor ditampung *bucket* yang tersambung oleh pipa *tremi*.
- d. Beton yang dituangkan tidak sepenuhnya, melainkan hanya $\frac{3}{4}$ dari tinggi kolom.
- e. Beton yang telah dituang kemudian dipadatkan dengan mesin *vibrator*.

Penuangan beton harus dilakukan dengan ketentuan berikut ini:

1. Beton harus dituang sedekat-dekatnya dengan tujuan akhir untuk mencegah terjadinya pemisahan material akibat penuangan beton di dalam cetakan.

Tinggi jatuh beton maksimum adalah 1,5 m (menurut pedoman pengerjaan beton CUR 2). Penuangan beton dengan tinggi jatuh beton melebihi 1,5 m akan menyebabkan material yang lebih berat akan jatuh terlebih dahulu sehingga terjadi pemisahan agregat pada beton dan akan sangat mempengaruhi kualitas beton.

2. Pemasangan tiap layer dengan menggunakan *concrete vibrator* (jarum penggetar). Pemasangan dilakukan untuk mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang terjebak didalam adukan semen yang timbul pada saat penuangan beton. Penggetaran beton harus dilakukan dengan baik agar menghasilkan mutu beton yang sesuai dengan yang diinginkan. Kesalahan dalam penggetaran beton akan mengakibatkan penurunan mutu beton.
3. Alat penggetar sedapat mungkin dimasukkan ke dalam adukan beton dengan posisi vertikal, tetapi dalam keadaan khusus boleh miring sampai dengan 45° . Penggetaran dengan sudut yang lebih besar akan menyebabkan pemisahan agregat.
4. Harus dijaga agar alat penggetar tidak mengenai *bekisting* atau bagian beton yang mulai mengeras, untuk menghindari hal ini posisi *vibrator* dibatasi maksimum 5 cm dari *bekisting*.
Sedapat mungkin *vibrator* tidak mengenai tulangan kolom.

4.8.4 Pekerjaan Pembongkaran Bekisting

Pekerjaan pembongkaran bekisting kolom dilakukan apabila telah melalui proses ijin bongkar dari konsultan dan beton sudah cukup umur $\pm 8-12$ jam. Beton yang cukup umur ialah beton yang dapat menahan berat sendiri dan beban dari luar. Bekisting yang telah

dibongkar dibersihkan dari sisa-sisa beton yang melekat dan disimpan pada tempat yang terlindungi untuk menjaga bekisting untuk pekerjaan selanjutnya. Pekerjaan pembongkaran bekisting kolom dilakukan dengan tidak mengurangi keamanan dan kemampuan struktur. Alat yang digunakan untuk pekerjaan bekisting adalah palu dan linggis. Berikut adalah tahapan pembongkaran bekisting:

- a. Menyiapkan peralatan yang digunakan untuk pembongkaran.
- b. Membongkar *clamb* yang terpasang pada sabuk pengikat.
- c. Membongkar bagian-bagian bekisting kolom dengan hati-hati agar tidak merusak kolom dan bekisting masih dapat digunakan untuk pekerjaan kolom selanjutnya.
- d. Mengangkut bekisting kolom dengan *mobile crane* ke daerah yang terlindungi.
- e. Setelah proses pembongkaran bekisting, maka selanjutnya pengecekan hasil cor yang dilakukan oleh *QC*. Jika ditemui hasil cor yang kurang bagus, maka selanjutnya dilakukan perbaikan sesuai dengan instruksi yang *QC* berikan.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang didapat berdasarkan keseluruhan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini:

1. Perencanaan stuktur gedung beton bertulang dirancang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan perhitungan gempa statik ekuivalen yang periode ulangnya 10% dalam 50 tahun dimana bangunan gedung apartemen masuk dalam kategori resiko IV dengan nilai $I = 1$ dan $R = 5$.
2. Dari analisa dan perhitungan diperoleh hasil sebagai berikut
 - b. Perencanaan Awal
 1. Perencanaan Dimensi Balok
 - Balok Induk BI 50/75
 - Balok Lift BL 50/75
 - Balok Anak BA 35/50
 - Balok Bordes BB 35/50
 2. Perencanaan Dimensi Kolom
 - Kolom K 70/70
 - Kolom KL 50/50
 3. Perencanaan Dimensi Sloof
 - Balok Sloof BS 50/75
 4. Perencanaan Dimensi Pelat
 - Pelat Lantai tebal 12 cm
 - Pelat Lantai Atap tebal 12 cm
 5. Perencanaan Dimensi Tangga
 - Pelat Tangga tebal 15 cm
 - Pelat Bordes tebal 15 cm

c. Perhitungan Penulangan

1. Penulangan Pelat

- Penulangan Lentur

Type	Ly	Lx	Ly/Lx	Lap X	Lap Y	Tump X	Tump Y
	m	m		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
S1	4.50	3.00	1.50	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 100	Ø10 - 100
S2	3.50	3.00	1.17	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 100	Ø10 - 100
S3	3.75	3.00	1.25	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 100	Ø10 - 100
S4 (Atap)	4.50	3.00	1.50	Ø8 - 200	Ø8 - 200	Ø8 - 100	Ø8 - 100
S5 (Atap)	3.50	3.00	1.17	Ø8 - 200	Ø8 - 200	Ø8 - 100	Ø8 - 100
S6 (Atap)	3.75	3.00	1.25	Ø8 - 200	Ø8 - 200	Ø8 - 100	Ø8 - 100

- Penulangan Susut

Type	Ly	Lx	Ly/Lx	Tump X	Tum Y	Jarak dari tepi	
	(m)	(m)		(mm)	(mm)	Arah Ly (cm)	Arah Lx (cm)
S1	4.50	3.00	1.50	Ø8 - 200	Ø8 - 200	102.5	65
S2	3.50	3.00	1.17	Ø8 - 200	Ø8 - 200	77.5	65
S3	3.75	3.00	1.25	Ø8 - 200	Ø8 - 200	83.75	65
S4 (Atap)	4.50	3.00	1.50	Ø8 - 200	Ø8 - 200	102.5	65
S5 (Atap)	3.50	3.00	1.17	Ø8 - 200	Ø8 - 200	77.5	65
S6 (Atap)	3.75	3.00	1.25	Ø8 - 200	Ø8 - 200	83.75	65

2. Penulangan Tangga dan Bordes

TYPE	DIMENSI (m)	ARAH	TULANGAN
Plat Bordes T. Utama (SB)	2,6 x 2,1	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Bordes T. Darurat (SB)	1,05 x 2,6	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Bordes T. Masuk (SB)	3 x 4	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Tangga Utama (ST)	1,83 x 3,5	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Tangga Darurat (ST)	1,05 x 3	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Tangga Masuk (ST)	1,83 x 3,6	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100
Plat Tangga Belakang	1,35 x 4,8	X	Ø 10 - 200
		Y	Ø 16 - 100

3. Penulangan Balok Induk

Type	Tulangan	Lentur Tump Kanan		Lentur Tump Kiri		Lentur Lapangan	
BI 1	Tul Tarik	12	D 22	12	D 22	6	D 22
	Tul Tekan	4	D 22	4	D 22	3	D 22
BI 2	Tul Tarik	8	D 22	8	D 22	5	D 22
	Tul Tekan	4	D 22	4	D 22	2	D 22
BI 3	Tul Tarik	6	D 22	6	D 22	3	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
BI 4	Tul Tarik	10	D 22	10	D 22	6	D 22
	Tul Tekan	4	D 22	4	D 22	2	D 22
BI 5	Tul Tarik	8	D 22	8	D 22	5	D 22
	Tul Tekan	4	D 22	4	D 22	2	D 22
BI 6	Tul Tarik	5	D 22	5	D 22	4	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
BI 7	Tul Tarik	10	D 22	10	D 22	6	D 22
	Tul Tekan	4	D 22	4	D 22	2	D 22

Type	Torsi	Geser Tumpuan		Geser Lapangan		Panjang Penyaluran	
						Tarik	Tekan
BI 1	4 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	800 mm	500 mm
BI 2	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	800 mm	500 mm
BI 3	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	800 mm	500 mm
BI 4	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	800 mm	500 mm
BI 5	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	800 mm	500 mm
BI 6	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	800 mm	500 mm
BI 7	2 D 16	Ø 12	100 mm	Ø 12	150 mm	800 mm	500 mm

4. Penulangan Balok Anak

Type	Tulangan	Lentur Tump Kanan	Lentur Tump Kiri	Lentur Lapangan
BA 1	Tul Tarik	5 D 22	5 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
BA 2	Tul Tarik	4 D 22	4 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
BA 3	Tul Tarik	3 D 22	3 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
BA 4	Tul Tarik	5 D 22	5 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
BA 5	Tul Tarik	4 D 22	4 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22
BA 6	Tul Tarik	2 D 22	2 D 22	2 D 22
	Tul Tekan	2 D 22	2 D 22	2 D 22

Type	Torsi	Geser Tumpuan	Geser Lapangan	Panjang Penyaluran	
				Tarik	Tekan
BA 1	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm	800 mm	500 mm
BA 2	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm	800 mm	500 mm
BA 3	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm	800 mm	500 mm
BA 4	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm	800 mm	500 mm
BA 5	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm	800 mm	500 mm
BA 6	2 D 16	Ø 10 100 mm	Ø 10 100 mm	800 mm	500 mm

5. Penulangan Balok Bordes, Lift, dan Sloof

Type	Tulangan	Lentur Tump Kanan		Lentur Tump Kiri		Lentur Lapangan	
BB 1	Tul Tarik	4	D 22	4	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
BB 2	Tul Tarik	4	D 22	4	D 22	2	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
BB 3	Tul Tarik	5	D 22	5	D 22	3	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
BL	Tul Tarik	5	D 22	5	D 22	5	D 22
	Tul Tekan	2	D 22	2	D 22	2	D 22
BS	Tul Tarik	8	D 22	8	D 22	4	D 22
	Tul Tekan	4	D 22	4	D 22	2	D 22

Type	Torsi	Geser Tumpuan		Geser Lapangan		Panjang Penyaluran	
						Tarik	Tekan
BB 1	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	150 mm	800 mm	500 mm
BB 2	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	150 mm	800 mm	500 mm
BB 3	2 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	150 mm	800 mm	500 mm
BL	4 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	150 mm	800 mm	500 mm
BS	4 D 16	Ø 10	100 mm	Ø 10	150 mm	800 mm	500 mm

6. Penulangan Kolom

Kolom	Dimensi	Tulangan Lentur		Tulangan Geser		Panjang Penyaluran
KP	70/70	12	D 25	Ø10	150 mm	1500 mm
K1	70/70	12	D 25	Ø10	150 mm	1500 mm
KL	50/50	8	D 25	Ø10	150 mm	1500 mm

d. Perhitungan Volume

Σ Total	Volume Tulangan	Volume Beton	Rasio
	(kg)	(m ³)	(Kg/m ³)
Portal Memanjang	29811,196	161,600	181,397
Kolom	13900,525	68,600	215,472
Balok	15910,671	93,000	147,321
Portal Melintang	19990,188	99,880	162,488
Kolom	11120,420	54,880	215,472
Balok	8869,768	45,000	109,503

e. Metode Pelaksanaan Kolom

Tahapan pekerjaan kolom adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan penulangan
2. Pekerjaan besting
3. Pekerjaan pengecoran
4. Pekerjaan pembongkaran bekisting

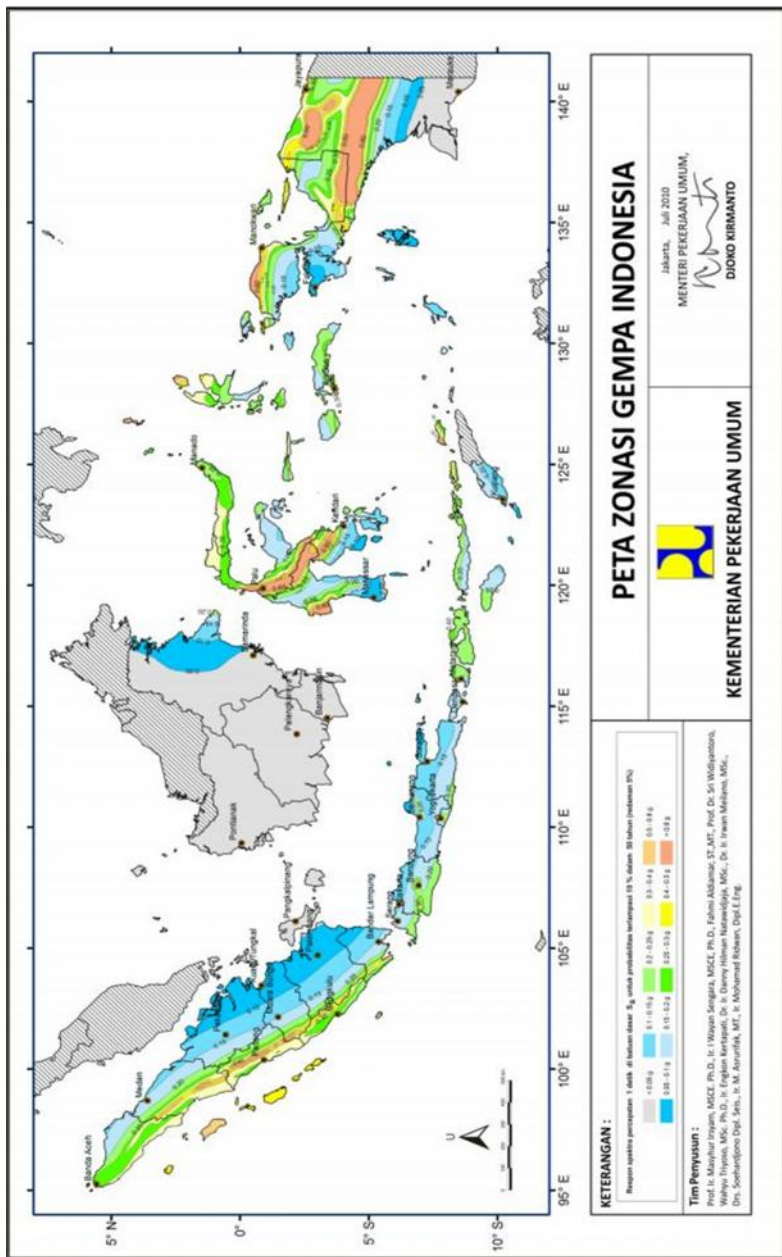
5.2 Saran

Beberapa saran dari penyusunan tugas akhir sebagai berikut:

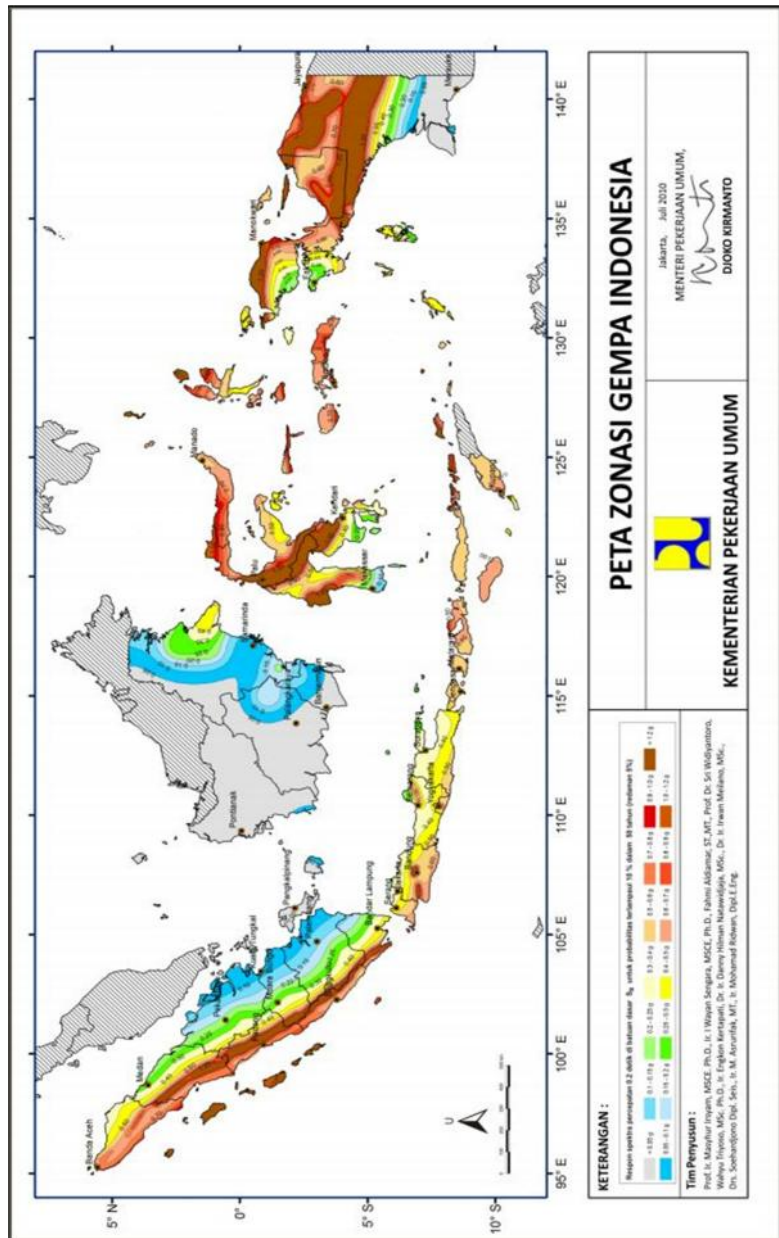
1. Perhitungan *preliminary desain* balok pada setiap bentang yang berbeda dan kolom untuk ketinggian lantai yang berbeda.
2. Perhitungan geser kolom diambil dari kapasitas momen penampang yang didapat dari hasil output PCAcolumn.
3. Perhitungan rasio volume tulangan dan volume besi harus sesuai dengan kebutuhan tulangan yang diperlukan, semakin besar kebutuhan tulangan maka rasio akan semakin besar untuk dimensi struktur yang sama.
4. Perlu adanya pengetahuan ilmu di lapangan agar lebih mudah memahami dan menerapkan teori dalam perencanaan sesuai peraturan yang berlaku.
5. Menggambarkan hasil perhitungan pada gambar rencana harus teliti dan sedetail mungkin, tidak asal menggambar agar bisa semudah mungkin dipahami pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta.
- American Society of Civil Engineers. (2002). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Virginia. Structural Engineering Institute
- Chu Kia Wang, C. G. (n.d.). *Desain Beton Bertulang Jilid 1 dan 2 Edisi Keempat*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG)*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Husin, N. A. (2009). *Struktur Beton*. Surabaya.
- Laboratorium Beton dan Bangunan FTSP ITS. (1992). *Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton Berdasarkan SNI 1992*. Surabaya.
- Soedrajat, A. (1994). *Analisa Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Bandung. Nova



Gambar 3. Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S_1) di batuan dasar (S_g) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



Gambar 2. Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (S_d) di balok dasar (S_b) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



30 x 30



TECHNICAL DATA
ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARWANA		UNIT	WALL TILE ARWANA	
		ISO	ISO		ISO	ISO
Size Tolerance	%	+/-0.5	+/-0.6	%	(-0.2-/+0.5Z)	(-0.3-/+0.6)
Thickness Tolerance	%	+/-4.0	+/-5.0	%	+/-4.0	+/-10
Rectangularity	%	+/-0.4	+/-0.6	%	+/-0.3	+/-0.3
Straightness of sides	%	+/-0.4	+/-0.5	%	+/-0.3	+/-0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2-/+0.8)	(-0.2-/+0.8)
b. Edge Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2-/+0.8)	(-0.2-/+0.8)
c. Warpage	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200	min 150
Water Absorption	%	6-9	6<E-10	%	>10	>10
Crazing Resistance		Required (5 bar)	Required (5 bar)		Required (5 bar)	Required (5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	M ² /BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office

PT. ARWANA CITRAMULLA TM
Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Jakarta 11610
Phn: +62 21 5830 2363
Fax: +62 21 5830 2361
E-mail: info@arwanacitra.com
Website: www.arwanacitra.com

Sole Distributor

PT PRAMAGRAHA KERAMINDO
Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Phn: +62 21 5835 8118
Fax: +62 21 5835 8008
E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

Factories

PLANT I:
PT. ARWANA CITRAMULLA (ACM)
Jl. Raya Pasar Kemis
Tangerang 15133, Banten
Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
E-mail: info@acm.arwanacitra.com

PLANT II:
PT. ARWANA NUANSA KERAMIK (ANK)
Jl. Raya Gorda, Desa Kihin Km 69
Cikande - Serang, Banten
Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364
E-mail: info@ank.arwanacitra.com

PLANT III:
PT. SINAR KARYA DUTA ARADI (SKDA)
Desa Wringin Asoni Raya Km. 33
Desa Wringin, Anson, Kp. Gresik
Jawa Timur
Phn: +62 31 898225-26 Fax: +62 31 8981679
E-mail: info@skda.arwanacitra.com



DINDING



◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pemasangan bata, ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebat/zak $\pm 2-2,5 \text{ m}^3/10\text{mm}$



40kg

Acian dinding dan plester



30kg

◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebat/zak $\pm 10-12 \text{ m}^3/2\text{mm}$



30kg

◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebat/zak $\pm 10-12 \text{ m}^3/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat

Acian dinding plester dan beton



30kg

◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebat/zak $9-12 \text{ m}^3/30 \text{ kg}$



20kg

◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk expos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebat/zak $9-11 \text{ m}^3/20 \text{ kg}$

◆ Thinbed 101 TB101

- Perakat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebat/zak $\pm 10-11 \text{ m}^3/3\text{mm}$ (40 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Cepat dalam pengejaannya



40kg

Khusus Bata Ringan

◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebat/zak $\pm 4,5-6,5 \text{ m}^3/5-8\text{mm}$ (50 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Lebih cepat dan hemat dalam pengejaan



50kg

Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perakatan bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm

25kg
40kg



◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id



LANTAI



Floor Screed T100

- Untuk pasang keramik, homogenous tile, granit, marmar, batu alam.
- Khusus untuk pemakaian di daerah kering
- Cocok untuk interior & eksterior (kamar tidur, ruang tamu, ruang keluarga)



40kg



Tile Adhesive

◆ TA Standard T100

- Untuk pasang keramik, homogenous tile, granit, marmar, batu alam.
- Khusus untuk pemakaian di daerah kering
- Cocok untuk interior & eksterior (kamar tidur, ruang tamu, ruang keluarga)
- Ketebalan aplikasi berkisar antara 3-5 mm
- Pemakaian 4-5 kg /m²



25kg
5kg



◆ TA Plus T325

- Untuk pasang keramik, homogenous tile, granit, marmar, batu alam.
- Khusus untuk pemakaian di daerah kering & basah
- Cocok untuk interior & eksterior (kamar renang, kamar mandi dan dinding luar)
- Ketebalan aplikasi berkisar antara 3-5 mm
- Pemakaian 4-5 kg /m²
- Untuk pemasangan keramik di atas keramik



25kg
5kg



Tile Grout

◆ Tile Grout

- Pengisi nat ubin dengan lebar celah antara 1,5 - 4 mm
- Cocok untuk semua jenis keramik, marmar granit maupun beagam batu alam
- Tile Grout untuk semua area
- Untuk ubin pada dinding dan lantai



1kg



◆ Grout Additive

- Cairan alkali pengganti air yang dicampurkan ke Tile Grout agar tahan terhadap ultra violet dan bahan kimia konsentrasi rendah
- Untuk daerah yang sering terkena air, sekaligus anti jamur seperti kolam renang
- Minim perawatan (washable)



1L



Dapat diperoleh di:

www.drymix.co.id

CARA PENGGUNAAN

 PERSIAPAN	 PENCAMPURAN	 APLIKASI								
<ol style="list-style-type: none">Gunakan air yang bersih, bebas dari asam, alkali dan pengotor lain.Untuk area yang akan di aplikasikan, bersihkan permukaan dari kotoran, debu, minyak, lemak, lilin, cat dan partikel-partikel merugikan.Membuat kepalan terlebih dahulu dan diaman selama 1 hari	<ol style="list-style-type: none">Perbandingan :<table border="1"><thead><tr><th>Air Bersih</th><th>Bubuk Drymix Plester</th></tr></thead><tbody><tr><td>9-10 liter</td><td>50 kg</td></tr><tr><td>7-8 liter</td><td>40 kg</td></tr><tr><td>1 Vol air</td><td>4 Vol bubuk</td></tr></tbody></table>Aduk 3-5 menit sampai rata hingga homogen terbentuk pasta.Adukan dalam ember tidak lebih dari 60 menit harus di aplikasikan.	Air Bersih	Bubuk Drymix Plester	9-10 liter	50 kg	7-8 liter	40 kg	1 Vol air	4 Vol bubuk	<ol style="list-style-type: none">Basahi permukaan bata ringan dan aplikasikan Drymix plester menggunakan sendok semen disalurkan permukaan substrat. Gunakan jidar untuk meratakan. Kondisi setengah kering, plester 2. digosok dan dipadatkan menggunakan raskam. Aplikasi ketebalan lebih dari 10 mm harus dilakukan dalam 2 tahap.Biarkan selama 3 hari sebelum aplikasi skimcoat / acian.
Air Bersih	Bubuk Drymix Plester									
9-10 liter	50 kg									
7-8 liter	40 kg									
1 Vol air	4 Vol bubuk									

DATA TEKNIS

SPESIFIKASI TEKNIS (EN 998-1)

Bentuk	Bubuk
Compressive Strength (BS EN 1015-11)	7-10 Mpa @ 28 days
Pull Off Strength (BS EN 1015-12)	> 0.3 N/mm ² (DIN 18555-6/EN 1348:1999)
Daya Sebar	+2,5 m ² / sak 50 kg untuk tebal 10 mm
Dry Density	+ 1,7 gr/cm ³
Wet Density	+ 1,9 gr/cm ³
Pot life	min. 60 menit
Ketebalan Aplikasi	10 - 20 mm

AREA APLIKASI	PENYIMPANAN	PENGEPAKAN
<ol style="list-style-type: none">Dinding Eksterior dan dinding interior.	<p>Simpan selalu di tempat yang kering dan jauh dari ganangan air serta udara yang lembab.</p> 	<p>Dikemas dengan berat 40 kg dan 50 kg.</p>



DIPRODUKSI OLEH: PT. DRYMIX INDONESIA - JAKARTA
Ph : (021) 8379 3738 | Made in Indonesia

Catatan : Coverage adalah hasil percobaan di bawah kondisi laboratorium, hanya sebagai pedoman dan tergantung pada kondisi di lapangan seperti substrat, porositas, dll. Produk ini terbuat dari bahan semen yang dapat menyebabkan iritasi. Hindari kontak langsung dengan kulit dan mata. Apabila terkena, segera basuh dengan air yang bersih.



ARTISTIKA
Pusat Jasa Desain & Konstruksi
Pusat Jasa Desain & Konstruksi
Pusat Jasa Desain & Konstruksi

100% BERBASIS KARSAS
Kalsi adalah produk beton bertulang yang diproduksi dengan teknologi canggih yang menjamin kualitas dan daya tahan produk.

PLAT/DAK BUMBUNGA PERSEGI

KalsiPart 3*

Plafon	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
3.0	1090
3.0	1090
3.0	1090
3.0	1090

KalsiBoard Lay 3.5*

Plafon	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
3.5	1220
3.5	1240
3.5	1240

KalsiBoard Lay 4.5*

Plafon	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
4.5	1220
4.5	1240
4.5	1240

KalsiBoard Lay 6*

Plafon	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
6.0	1220
6.0	1200
6.0	1200
6.0	1200

KalsiBoard Lay 6-R2*

Plafon	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
6.0	1220
6.0	1200
6.0	1200
6.0	1200

KalsiBoard Lay 6-R4*

Plafon	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
6.0	1220
6.0	1200
6.0	1200
6.0	1200

KalsiPart 8*

Partisi	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
8.0	1220
8.0	1220
8.0	1220
8.0	1220

KalsiPart 8-R2*

Partisi	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
8.0	1220
8.0	1220
8.0	1220
8.0	1220

KalsiPart 8-R4*

Partisi	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
8.0	1220
8.0	1220
8.0	1220
8.0	1220

KalsiCid 10*

Dinding luar	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
10	1220
10	1220
10	1220
10	1220

KalsiCid 12*

Dinding luar	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
12	1220
12	1220
12	1220
12	1220

KalsiDow 8*

Papan aplikasi Basah	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
8.0	1220
8.0	1220
8.0	1220
8.0	1220

KalsiFloor 20*

Lantai	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
20	1220
20	1220
20	1220
20	1220

KalsiPlank 8*

Siding plank & listplank	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
8.0	200
8.0	200
8.0	200
8.0	200

KalsiPlank 8-Jeti*

Siding plank & listplank	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
8.0	200
8.0	200
8.0	200
8.0	200

KalsiPlank 12*

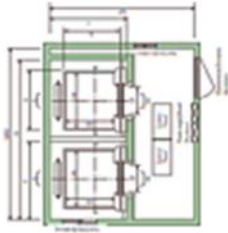
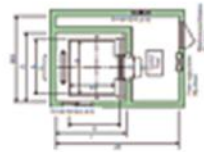
Siding plank & listplank	
Tebal (mm)	Harga (Rp/m ²)
12	200
12	200
12	200
12	200

AKSESORIS BARU

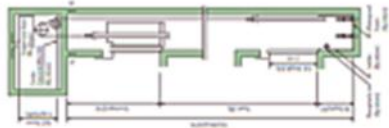
Produk	Ukuran standar	Unit	Harga (Rp/m ²)
KalsiFaring MCN KalsiFaring untuk plafon	0.4x45x19x4000	batang	27.650
KalsiFaring MJC KalsiFaring untuk dinding	50x35x15	buah	2.200
KalsiFaring AMP KalsiFaring untuk atap	0.55x20x20x4000	batang	14.800
KalsiFaring LF KalsiFaring untuk plafon	40x30x20	buah	1.850
KalsiFrame MT-51 KalsiFrame untuk plafon	0.45x51x25x3000	batang	26.750
KalsiFrame MS-51 KalsiFrame untuk dinding	0.45x51x35x3000	batang	35.000
KalsiNail 3-4.5 KalsiNail untuk plafon	85 x 1 inch	3000 buah/box	82.500
KalsiScrew CE KalsiScrew untuk plafon	85 x 1 inch	1800 buah/box	115.000
KalsiScrew AC KalsiScrew untuk dinding	85 x 1 inch	1800 buah/box	135.000
KalsiScrew FL KalsiScrew untuk lantai	85 x 1 1/4 inch	1000 buah/box	286.000
KalsiTape F6-50 KalsiTape untuk plafon	50mmx50m	Roll	28.750
KalsiKorlap IK-F KalsiKorlap untuk dinding	20 Kilogram	Zak	75.800

*Harga yang tertera merupakan harga standar

Part of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions & Variables

Speed (m/sec)	Capacity (Persons)	Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)	Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)	Shaft Dia (mm)		Shaft Dia (in)		Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)	Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)
						Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)	Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)				
1.0	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4
		125	5	125	5	125	5	125	5	125	5	125	5
		150	6	150	6	150	6	150	6	150	6	150	6
1.5	6	125	5	125	5	125	5	125	5	125	5	125	5
		150	6	150	6	150	6	150	6	150	6	150	6
		175	7	175	7	175	7	175	7	175	7	175	7
2.0	8	150	6	150	6	150	6	150	6	150	6	150	6
		175	7	175	7	175	7	175	7	175	7	175	7
		200	8	200	8	200	8	200	8	200	8	200	8
2.5	10	175	7	175	7	175	7	175	7	175	7	175	7
		200	8	200	8	200	8	200	8	200	8	200	8
		225	9	225	9	225	9	225	9	225	9	225	9

D01 Standard

Speed (m/sec)	Capacity (Persons)	Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)	Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)	Shaft Dia (mm)		Shaft Dia (in)		Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)	Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)
						Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)	Shaft Dia (mm)	Shaft Dia (in)				
1.0	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100	4
		125	5	125	5	125	5	125	5	125	5	125	5
		150	6	150	6	150	6	150	6	150	6	150	6
1.5	6	125	5	125	5	125	5	125	5	125	5	125	5
		150	6	150	6	150	6	150	6	150	6	150	6
		175	7	175	7	175	7	175	7	175	7	175	7
2.0	8	150	6	150	6	150	6	150	6	150	6	150	6
		175	7	175	7	175	7	175	7	175	7	175	7
		200	8	200	8	200	8	200	8	200	8	200	8
2.5	10	175	7	175	7	175	7	175	7	175	7	175	7
		200	8	200	8	200	8	200	8	200	8	200	8
		225	9	225	9	225	9	225	9	225	9	225	9

Overhead & Pit Depth

Speed (m/sec)	Capacity (Persons)	Overhead		Pit Depth	
		mm	in	mm	in
1.0	4	1000	39.4	1000	39.4
1.5	6	1250	49.2	1250	49.2
2.0	8	1500	59.1	1500	59.1
2.5	10	1750	68.9	1750	68.9

1. All dimensions are subject to change without notice.
 2. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 3. All dimensions are in inches unless otherwise specified.
 4. All dimensions are in feet unless otherwise specified.
 5. All dimensions are in meters unless otherwise specified.

TABLE C2-1
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS*

Component	Load (kN/m ²)	Component	Load (kN/m ²)
CEILING			
Acoustical fibrousboard	0.05	Decking, 51 mm wood (Douglas fir)	0.24
Gypsum board (per mm thickness)	0.008	Decking, 76 mm wood (Douglas fir)	0.38
Mechanical duct allowance	0.19	Fiberboard, 13 mm	0.04
Plaster on tile or concrete	0.24	Gypsum sheathing, 13 mm	0.10
Plaster on wood lath	0.38	Insulator, roof boards (per mm thickness)	0.0013
Suspended steel channel system	0.10	Cellular glass	0.0021
Suspended metal lath and cement plaster	0.72	Fiberboard	0.0029
Suspended metal lath and gypsum plaster	0.48	Perlite	0.0015
Wood framing suspension system	0.12	Polystyrene foam	0.0004
COVERINGS, ROOF, AND WALL		Urethane foam with skin	0.0009
Asbestos-cement shingles	0.19	Plywood (per mm thickness)	0.006
Cement tile	0.10	Rigid insulation, 13 mm	0.04
Clay tile (for mortar add 0.48 kN/m ²)	0.77	Skylight, metal frame, 10 mm wire glass	0.38
Book tile, 51 mm	0.57	Slate, 5 mm	0.34
Book tile, 76 mm	0.96	Slate, 6 mm	0.48
Lathwork	0.48	Waterproofing membranes:	
Roman	0.57	Bituminous, gravel-covered	0.26
Spanish	0.91	Bituminous, smooth surface	0.07
Composition:		Liquid applied	0.05
Thin-ply ready roofing	0.05	Single-ply sheet	0.03
Five-ply felt and gravel	0.26	Wood shingles (per mm thickness)	0.0057
Five-ply felt and gravel	0.29	Wood shingles	0.14
Copper or tin	0.65	FLOOR FILL	
Corrugated asbestos-cement roofing	0.19	Cinder concrete, per mm	0.017
Deck, metal, 20 gage	0.12	Light-weight concrete, per mm	0.015
Deck, metal, 18 gage	0.14	Sand, per mm	0.013
		Stove concrete, per mm	0.023

(continued)

TABLE C3-1 - continued
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS*

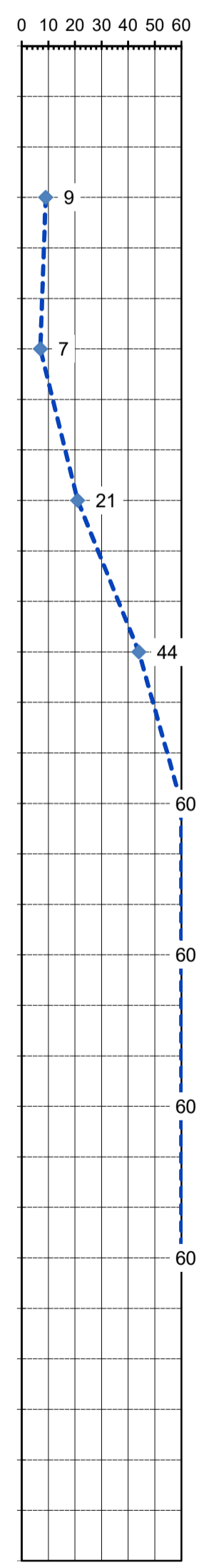
Component	Load (kN/m ²)	Component	Load (kN/m ²)
FLOORS AND FLOOR FINISHES			
Asphalt (31 mm), 13 mm mortar	1.44	Clay brick wythes: 102 mm	1.87
Cement finish (25 mm) on stone-concrete fill	1.53	203 mm	3.78
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13 mm mortar bed	0.77	305 mm	5.51
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25 mm mortar bed	1.10	406 mm	7.42
Concrete fill finish (per mm thickness)	0.023		
Hardwood flooring, 22 mm	0.19	Hollow concrete masonry unit wythes: Wythe thickness (in mm)	102 152 203 254 305
Limestone or asphalt tile, 6 mm	0.05	Density of unit (16.09 kN/m ³)	1.05
Marble and mortar on stone-concrete fill	1.58	No grout	1.29 1.68 2.01 2.35
Slate (per mm thickness)	0.028	1219 mm	1.48 1.92 2.35 2.78
Solid flat tile on 25 mm mortar base	1.10	1016 mm	1.58 2.06 2.54 3.02
Subsiding, 19 mm	0.14	813 mm	1.63 2.15 2.68 3.16
Terrazzo (38 mm) directly on slab	0.91	610 mm	1.77 2.35 2.92 3.45
Terrazzo (25 mm) on stone-concrete fill	1.53	406 mm	2.01 2.68 3.35 4.02
Terrazzo (25 mm), 51 mm above concrete	1.53	Full grout	2.73 3.69 4.69 5.70
Wood block (76 mm) on mastic, no fill	0.48		
Wood block (76 mm) on 13 mm mortar base	0.77		
FLOORS, WOOD-JOIST (NO PLASTER)			
DOUBLE WOOD FLOOR			
Joint sizes	205 mm	Density of unit (125 pcf)	1.25
spacing	406 mm	No grout	1.34 1.72 2.11 2.59
(mm):	spacing	1219 mm	1.58 2.11 2.59 2.97
51 x 152	(kN/m ²)	1016 mm	1.63 2.15 2.68 3.11
0.29	0.24	813 mm	1.72 2.25 2.78 3.26
0.29	0.24	610 mm	1.87 2.44 3.02 3.59
51 x 254	0.34	406 mm	2.11 2.78 3.50 4.17
51 x 305	0.34	Full grout	2.82 3.68 4.68 5.89
FRAME PARTITIONS			
Movable steel partitions	0.19	Density of unit (21.21 kN/m ³)	1.39
Wood or steel studs, 13 mm gypsum board each side	0.38	No grout	1.68 2.15 2.59 3.02
Wood studs, 51 x 102, plastered	0.19	1219 mm	1.58 2.39 2.92 3.45
Wood studs, 51 x 102, plastered one side	0.57	1016 mm	1.72 2.54 3.11 3.69
Wood studs, 51 x 102, plastered two sides	0.96	813 mm	1.82 2.63 3.26 3.83
Exterior stud walls:		610 mm	1.96 2.82 3.50 4.12
51 mm x 102 mm @ 406 mm, 16 mm gypsum,	0.53	406 mm	2.25 3.16 3.93 4.69
insulated, 10 mm siding		Full grout	3.06 4.17 5.27 6.37
51 mm x 152 mm @ 406 mm, 16 mm gypsum,	0.57	Solid concrete masonry unit wythes (incl. concrete brick):	
insulated, 10 mm siding		Wythe thickness (in mm)	162 152 203 254
Exterior stud walls with brick veneer	2.20	Density of unit (16.49 kN/m ³)	1.53 2.35 3.21 4.02
Windows, glass, frame and sash	0.38	Density of unit (19.64 kN/m ³)	1.82 2.82 3.78 4.79
		Density of unit (21.21 kN/m ³)	1.96 3.02 4.12 5.17

* Weights of masonry include mortar bed and plaster. For plaster, add 0.28 kN/m² for each face plastered. Values given represent averages. In some cases, there is a considerable range of weight for the same construction.

DRILLING LOG

Project No. : 1	Project :	Type of Drilling : Rotary
Bore Hole No. : I	Lokasi : Malang	Date : 24-Sep-16
Water Table : 3m (Dari Muka Tanah Setempat)	Elevation : ± 0,0 (muka tanah setempat)	Driller : Dasuki

Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Description & Colour	Relative Density or Consistency	UD / SPT		Standard Penetration Test				N - Value					
							Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30	Blows per each 15 cm								
										15 cm	15 cm	15 cm						
0		0.00																
1		-1.00	1.00		Tanah Urug													
2																		
3																		
4																		
5																		
6					Lanau Berlempung Berpasir													
7																		
8																		
9																		
10		-9.00	8.00		Pasir Berlanau Berlempung													
11																		
12																		
13		-12.00	3.00															
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19					Kerikil Berbatu Berpasir Berlanau Berlempung													
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25		-25.00	13.00															
26					End Of Drilling													
27																		
28																		
29																		
30																		



BEBAN MATI BANGUNAN

Lantai 0							
	BJ	BERAT	DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Kolom 70/70	= 2400		0.70 0.70		0.50	22	12936.0
Kolom Lift 50/50	= 2400		0.50 0.50		0.50	6	1800.0
BERAT TOTAL LANTAI DASAR							14736.0

Lantai 1							
	BJ	BERAT	DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Kolom 70/70	= 2400		0.70 0.70		2.00	22	51744.0
Kolom Lift 50/50	= 2400		0.50 0.50		2.00	6	7200.0
Sloof 50/75	= 2400		0.75 0.50	140.00			126000.0
Dinding	=	107.5		98.00	2.00		21070.0
BERAT TOTAL LANTAI DASAR							206014.0

Lantai Tangga Belakang							
	BJ	BERAT	DIMENSI	TEBAL	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Berat sendiri	= 2400		1.35 4.50	0.23			3353.4
Keramik (19 mm) dan spesi (25)	=	110.0	1.35 4.50				668.3
Berat pegangan	=	10.0	9.00				90.0
BERAT TOTAL TANGGA							4111.7

Lantai Tangga Utama							
	BJ	BERAT	DIMENSI	TEBAL	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Plat Bordes	= 2400		4.00 1.88	0.15			2707.2
Balok Bordes	= 2400		0.5 0.35	4.00			1680.0
Berat sendiri	= 2400		3.66 3.00	0.23			6061.0
Keramik (19 mm) dan spesi (25)	=	110.0	3.66 3.00				1207.8
Berat pegangan	=	10.0	6.20				62.0
Keramik (19 mm) dan spesi (25)	=	110.0	4.00 1.88				827.2
BERAT TOTAL TANGGA							62725.8

Lantai Tangga Darurat							
	BJ	BERAT	DIMENSI	TEBAL	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Plat Bordes	= 2400		2.48 1.20	0.15			1071.4
Balok Bordes	= 2400		0.5 0.35	4.00			1680.0
Berat sendiri	= 2400		2.10 3.00	0.23			3477.6
Keramik (19 mm) dan spesi (25)	=	110.0	2.10 3.00				693.0
Berat pegangan	=	10.0	6.00				60.0
Keramik (19 mm) dan spesi (25)	=	110.0	2.48 1.20				327.4
BERAT TOTAL TANGGA							36546.6

Lantai Tangga Masuk							
Plat Bordes	=	2400	4.00	3.30	0.15		4752.0
Berat sendiri	=	2400	3.66	2.70	0.23		5454.9
Balok Bordes	=	2400	0.5	0.35	4.00		1680.0
Keramik (19 mm) dan spesi (25	=	110.0	3.66	2.70			1087.0
Berat pegangan	=	10.0	5.40				54.0
Keramik (19 mm) dan spesi (25	=	110.0	4.00	3.30			1452.0
BERAT TOTAL TANGGA							28959.8

Lantai 2									
		BJ	BERAT		DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
		kg/m ³	kg/m ²	kg/m	m ²	m	m		kg
Balok Induk Mema	50/75	=	2400		0.50 0.75	124.00			111600.0
Balok Induk Melint	50/75	=	2400		0.50 0.75	80.00			72000.0
Balok Anak Memar	35/50	=	2400		0.35 0.50	66.00			27720.0
Balok Anak Melintz	35/50	=	2400		0.35 0.50	68.00			28560.0
Kolom	70/70	=	2400		0.70 0.70		3.50	18	74088.0
Kolom Lift	50/50	=	2400		0.50 0.50		3.50	6	12600.0
Pelat Pintu Masuk	15	=	2400		9.00 2.00	0.15		2	12964.00
Pelat Lantai 2	12	=	2400		31.00 16.00	0.12		1	142817.7
Keramik (19 mm) d	24 kg/m2	=	110.0		453.00				49830.0
Plafond Kalsi 3	18 kg/m2	=	8.6		453.00				3895.8
Instalasi listrik, AC,	40 kg/m2	=	19.0		453.00				8607.0
Dinding Lantai 2		=	107.5			205.00	3.50		77131.3
BERAT TOTAL LANTAI 2									621813.7

Lantai 3									
		BJ	BERAT		DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
		kg/m ³	kg/m ²	kg/m	m ²	m	m		kg
Balok Induk Mema	50/75	=	2400		0.50 0.75	124.00			111600.0
Balok Induk Melint	50/75	=	2400		0.50 0.75	80.00			72000.0
Balok Anak Memar	35/50	=	2400		0.35 0.50	66.00			27720.0
Balok Anak Melintz	35/50	=	2400		0.35 0.50	68.00			28560.0
Kolom	70/70	=	2400		0.70 0.70		4.00	18	84672.0
Kolom Lift	50/50	=	2400		0.50 0.50		4.00	6	14400.0
Pelat Penutup Tan	12	=	2400		9.00 4.00	0.12		2	20740
Pelat Lantai 3	12	=	2400		31.00 16.00	0.12		1	142817.7
Keramik (19 mm) d	24 kg/m2	=	110.0		453.00				49830.0
Plafond Kalsi 3	18 kg/m2	=	8.6		453.00				4265.6
Instalasi listrik, AC,	40 kg/m2	=	19.0		453.00				8607.0
Dinding Lantai 3		=	107.5			187.00	4.00		80410.0
BERAT TOTAL LANTAI 3									598054.3

Lantai 4							
	BJ	BERAT	DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Balok Induk Mema	50/75	= 2400	0.50 0.75	124.00			111600.0
Balok Induk Melint	50/75	= 2400	0.50 0.75	80.00			72000.0
Balok Anak Memar	35/50	= 2400	0.35 0.50	66.00			27720.0
Balok Anak Melintz	35/50	= 2400	0.35 0.50	68.00			28560.0
Kolom	70/70	= 2400	0.70 0.70		4.00	18	84672.0
Kolom Lift	50/50	= 2400	0.50 0.50		4.00	6	14400.0
Pelat Lantai 4	12	= 2400	31.00 16.00	0.12		1	142817.7
Keramik (19 mm) d	24 kg/m ²	= 110.0	453.00				49830.0
Plafond Kalsi 3	18 kg/m ²	= 8.6	453.00				3895.8
Instalasi listrik, AC,	40 kg/m ²	= 19.0	453.00				8607.0
Dinding Lantai 4		= 107.5		239.00	4.00		102770.0
BERAT TOTAL LANTAI 4							646872.5

Lantai 5							
	BJ	BERAT	DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Balok Induk Mema	50/75	= 2400	0.50 0.75	124.00			111600.0
Balok Induk Melint	50/75	= 2400	0.50 0.75	80.00			72000.0
Balok Anak Memar	35/50	= 2400	0.35 0.50	66.00			27720.0
Balok Anak Melintz	35/50	= 2400	0.35 0.50	68.00			28560.0
Kolom	70/70	= 2400	0.70 0.70		4.00	18	84672.0
Kolom Lift	50/50	= 2400	0.50 0.50		4.00	6	14400.0
Pelat Lantai 5	12	= 2400	31.00 16.00	0.12		1	142817.7
Keramik (19 mm) d	24 kg/m ²	= 110.0	453.00				49830.0
Plafond Kalsi 3	18 kg/m ²	= 8.6	453.00				3895.8
Instalasi listrik, AC,	40 kg/m ²	= 19.0	453.00				8607.0
Dinding Lantai 5		= 107.5		187.00	4.00		80410.0
BERAT TOTAL LANTAI 5							624512.5

Lantai 6							
	BJ	BERAT	DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Balok Induk Mema	50/75	= 2400	0.50 0.75	124.00			111600.0
Balok Induk Melint	50/75	= 2400	0.50 0.75	80.00			72000.0
Balok Anak Memar	35/50	= 2400	0.35 0.50	66.00			27720.0
Balok Anak Melintz	35/50	= 2400	0.35 0.50	68.00			28560.0
Kolom	70/70	= 2400	0.70 0.70		4.00	18	84672.0
Kolom Lift	50/50	= 2400	0.50 0.50		4.00	6	14400.0
Pelat Lantai 6	12	= 2400	31.00 16.00	0.12		1	142817.7
Keramik (19 mm) d	24 kg/m ²	= 110.0	453.00				49830.0
Plafond Kalsi 3	18 kg/m ²	= 8.6	453.00				3895.8
Instalasi listrik, AC,	40 kg/m ²	= 19.0	453.00				8607.0
Dinding Lantai 6		= 107.5		168.00	4.00		72240.0
BERAT TOTAL LANTAI 6							616342.5

Lantai Atap							
	BJ	BERAT	DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Balok Induk Mema: 50/75	=	2400	0.50 0.75	124.00			111600.0
Balok Induk Melint 50/75	=	2400	0.50 0.75	80.00			72000.0
Balok Anak Memar 35/50	=	2400	0.35 0.50	66.00			27720.0
Balok Anak Melint: 35/50	=	2400	0.35 0.50	68.00			28560.0
Kolom 70/70	=	2400	0.70 0.70		3.25	18	68796.0
Kolom Lift 50/50	=	2400	0.50 0.50		3.25	6	11700.0
Pelat Lantai Atap 12	=	2400	31.00 16.00	0.12		1	142837.2
Plafond Kalsi 3 18 kg/m ²	=	8.6	453.00				4005.0
Instalasi listrik, AC, 40 kg/m ²	=	19.0	453.00				8607.0
Waterproof Membranes	=	7.0	142.50				997.5
Dinding Lantai Atap	=	107.5		168.00	2.00		36120.0
BERAT TOTAL LANTAI ATAP							482510.7

Lantai Rooftop							
	BJ	BERAT	DIMENSI	JARAK	Tinggi	JUMLAH	TOTAL
	kg/m ³	kg/m ² kg/m	m ²	m	m		kg
Balok Induk Mema: 50/75	=	2400	0.50 0.75	76.00			68400.0
Balok Induk Melint 50/75	=	2400	0.50 0.75	45.00			40500.0
Balok Anak Memar 35/50	=	2400	0.35 0.50	42.00			17640.0
Balok Anak Melint: 35/50	=	2400	0.35 0.50	49.00			20580.0
Kolom 70/70	=	2400	0.70 0.70		1.25	18	26460.0
Kolom Lift 50/50	=	2400	0.50 0.50		3.25	6	11700.0
Pelat Lantai Roofto 12	=	2400	22.00 16.00	0.12		1	101376.0
Waterproof Membranes	=	7.0	360.00				2520.0
Dinding Lantai Atap	=	107.5		150.00	2.00		32250.0
BERAT TOTAL LANTAI ROOFTOP							321426.0

BERAT MATI BANGUNAN	4249457.991
	4249.46

BERAT TOTAL STRUKTUR BANGUNAN

No	Lantai	Beban Mati	Beban Hidup	B Mati Tangga	B Hidup Tangga	Σ
1	Lantai 0	14736	0	0	0	14736.00
2	Lantai 1	206014.00	239.5	16536	479	223268.21
3	Lantai 2	621813.74	191.5	19854.48	479	642338.72
4	Lantai 3	598054.29	191.5	19854.48	479	618579.27
5	Lantai 4	646872.49	191.5	19854.48	479	667397.47
6	Lantai 5	624512.49	191.5	19854.48	479	645037.47
7	Lantai 6	616342.49	191.5	19854.48	479	636867.47
8	Lantai Atap	482078.66	48	9927.24	479	492532.90
9	Rooftop	321426.00	48	0	0	321474.00
	Σ	4117114.17	1293.00	125735.35	3353.00	4262231.52

PERHITUNGAN TITIK BERAT BANGUNAN (CM)

LANTAI 0

> KOLOM

No	Type	Kolom									W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	Dimensi Kolom		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)			
			b (m)	h (m)								
1	K 70/70		0.7	0.7	3.5	2400	4116	-2.0	-2.0	-8232	-8232	
2			0.7	0.7	3.5	2400	4116	-4.0	-4.0	-16464	-16464	
3			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	-4.0	0	-16464	
4			0.7	0.7	3.5	2400	4116	-4.0	0.0	-16464	0	
5			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	0.0	0	0	
6			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	0.0	37044	0	
7			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	0.0	65856	0	
8			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	0.0	96726	0	
9			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	0.0	127596	0	
10			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	6.0	37044	24696	
11			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	6.0	65856	24696	
12			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	6.0	96726	24696	
13			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	6.0	127596	24696	
14			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	9.0	37044	37044	
15			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	9.0	65856	37044	
16			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	9.0	96726	37044	
17			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	9.0	127596	37044	
18			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	15.0	0	61740	
19			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	15.0	37044	61740	
20			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	15.0	65856	61740	
21			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	15.0	96726	61740	
22			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	15.0	127596	61740	
23		K 50/50		0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	5.0	0	10500
24				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	5.0	4200	10500
25				0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	7.0	0	14700
26				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	7.0	4200	14700
27				0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	9.0	0	18900
28				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	9.0	4200	18900
Total						86688				1280328	602700	

14.769

6.953

Lantai 1	Berat (W) (Kg)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
Total Lantai 1	86688	1280328	602700

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa	Ya
(m)	(m)
14.76937984	6.95251938

LANTAI 1

> DINDING

No	Type	Dimensi Dinding		Tebal Plat (m)	Berat Tembok (Kg/m ²)	Dinding					
		Arah	Panjang (m)			Tinggi (m)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
1	Lantai 1	X	9	3	107.5	2902.5	4.5	15	13061.25	43537.5	
2			7	3	107.5	2257.5	12.5	15	28218.75	33862.5	
3			7.5	3	107.5	2418.75	16.25	15	39304.6875	36281.25	
4			7.5	3	107.5	2418.75	27.25	15	65910.9375	36281.25	
5			9	3	107.5	2902.5	4.5	0	13061.25	0	
6			7	3	107.5	2257.5	12.5	0	28218.75	0	
7			7.5	3	107.5	2418.75	16.25	0	39304.6875	0	
8			7.5	3	107.5	2418.75	27.25	0	65910.9375	0	
10			5	3	107.5	1612.5	27.5	11.5	44343.75	18543.75	
11		6	3	107.5	1935	0	12	0	23220		
12		3	3	107.5	967.5	0	7.5	0	7256.25		
13		6	3	107.5	1935	0	3	0	5805		
14		6	3	107.5	1935	28.5	12	55147.5	23220		
15		3	3	107.5	967.5	28.5	7.5	27573.75	7256.25		
16		6	3	107.5	1935	28.5	3	55147.5	5805		
17		6	3	107.5	1935	31	12	59985	23220		
18		3	3	107.5	967.5	31	7.5	29992.5	7256.25		
19		6	3	107.5	1935	31	3	59985	5805		
20		3.5	3	107.5	1128.75	26	13.25	29347.5	14955.9375		
21		3.5	3	107.5	1128.75	28.5	13.25	32169.375	14955.9375		
Total						38377.5			686683.125	307261.875	

17.893

8.006

> SLOOF

No	Type	Arah	Sloof								
			Dimensi Sloof		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			b (m)	h (m)							
1	BS1	×	0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	15	36450	121500
2	BS1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	15	78750	94500
3	BS1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	15	109687.5	101250
4	BS1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	15	183937.5	101250
5	BS1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	0	36450	0
6	BS1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	0	78750	0
7	BS1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	0	109687.5	0
8	BS1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	0	183937.5	0
9	BS1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	3	36450	24300
10	BS1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	3	78750	18900
11	BS1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.5	3	111375	20250
12	BS1		0.5	0.75	5	2400	4500	27.5	13.5	123750	60750
13	BS1		0.5	0.75	5	2400	4500	27.5	11.5	123750	51750
14	BS1		>	0.5	0.75	6	2400	5400	0	12	0
15	BS1	0.5		0.75	3	2400	2700	0	7.5	0	20250
16	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	0	3	0	16200
17	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	28.5	12	153900	64800
18	BS1	0.5		0.75	3	2400	2700	28.5	7.5	76950	20250
19	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	28.5	3	153900	16200
20	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	31	12	167400	64800
21	BS1	0.5		0.75	3	2400	2700	31	7.5	83700	20250
22	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	31	3	167400	16200
23	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	4.5	12	24300	64800
24	BS1	0.5		0.75	3	2400	2700	4.5	7.5	12150	20250
25	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	4.5	3	24300	16200
26	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	23.5	12	126900	64800
27	BS1	0.5		0.75	3	2400	2700	23.5	7.5	63450	20250
28	BS1	0.5		0.75	6	2400	5400	23.5	3	126900	16200
29	BS1	0.5		0.75	3.5	2400	3150	26	13.25	81900	41737.5
30	BS1	0.5	0.75	3.5	2400	3150	28.5	13.25	89775	41737.5	
Total							159750			2644650	1184175
										16.555	7.413

> KOLOM

No	Type	Kolom										
		Dimensi Kolom			Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
		Arah	b (m)	h (m)								
1	K 70/70		0.7	0.7	3.5	2400	4116	-2.0	-2.0	-8232	-8232	
2			0.7	0.7	3.5	2400	4116	-4.0	-4.0	-16464	-16464	
3			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	-4.0	0	-16464	
4			0.7	0.7	3.5	2400	4116	-4.0	0.0	-16464	0	
5			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	0.0	0	0	
6			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	0.0	37044	0	
7			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	0.0	65856	0	
8			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	0.0	96726	0	
9			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	0.0	127596	0	
10			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	6.0	37044	24696	
11			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	6.0	65856	24696	
12			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	6.0	96726	24696	
13			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	6.0	127596	24696	
14			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	9.0	37044	37044	
15			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	9.0	65856	37044	
16			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	9.0	96726	37044	
17			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	9.0	127596	37044	
18			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	15.0	0	61740	
19			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	15.0	37044	61740	
20			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	15.0	65856	61740	
21			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	15.0	96726	61740	
22			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	15.0	127596	61740	
23		K 50/50		0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	5.0	0	10500
24				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	5.0	4200	10500
25				0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	7.0	0	14700
26				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	7.0	4200	14700
27				0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	9.0	0	18900
28				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	9.0	4200	18900
Total						86688				1280328	602700	
										14.769	6.953	

Lantai 1	Berat (W) (Kg)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
Total Lantai 1	284815.5	4611661.125	2094136.875

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa	Ya
(m)	(m)
16.19174913	7.352608531

LANTAI 2

> PLAT LANTAI

No	Type	Arah	Dimensi Pelat		Tebal Plat (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Plat Lantai			W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			Panjang (m)	Lebar (m)			Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo			
								(X) (m)	(Y) (m)		
1	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	13.5	8748	52488
2	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	10.5	8748	40824
3	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	7.5	7020	16200
4	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	4.5	7020	9720
5	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	1.5	8748	5832
6	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	13.5	26244	52488
7	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	10.5	26244	40824
8	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	7.5	26244	29160
9	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	4.5	999	972
10	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	1.5	999	324
11	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	13.5	32508	40824
12	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	10.5	32508	31752
13	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	7.5	32508	22680
14	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	4.5	32508	13608
15	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	1.5	32508	4536
16	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	13.5	37800	40824
17	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	10.5	37800	31752
18	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	7.5	37800	22680
19	S8		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	4.5	37800	13608
20	S8		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	1.5	37800	4536
21	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	13.5	57915	43740
22	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	10.5	57915	34020
23	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	7.5	57915	24300
24	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	4.5	57915	14580
25	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	1.5	57915	4860
26	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	13.5	70065	43740
27	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	10.5	70065	34020
28	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	7.5	70065	24300
29	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	4.5	70065	14580
30	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	1.5	70065	4860
31	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	13.5	82215	43740
32	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	10.5	82215	34020
33	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	7.5	82215	24300
34	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	4.5	82215	14580
35	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	1.5	82215	4860
36	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	13.5	30105	14580
37	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	10.5	30105	11340
38	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	7.5	94365	24300
39	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	4.5	94365	14580
40	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	1.5	94365	4860
Total							118800			1866834	909792

15.714

7.658

> DINDING

No	Type	Dinding								
		Dimensi Dinding		Tebal Plat (m)	Berat Tembok (Kg/m ²)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	Panjang (m)							
1	Lantai 2	x	9	4	107.5	3870	4.5	15	17415	58050
2			7	4	107.5	3010	12.5	15	37625	45150
3			7.5	4	107.5	3225	16.25	15	52406.25	48375
4			7.5	4	107.5	3225	27.25	15	87881.25	48375
5			9	4	107.5	3870	4.5	0	17415	0
6			7	4	107.5	3010	12.5	0	37625	0
7			7.5	4	107.5	3225	16.25	0	52406.25	0
8			7.5	4	107.5	3225	27.25	0	87881.25	0
9			9	4	107.5	3870	9	4.5	34830	17415
10			7	4	107.5	3010	9	12.5	27090	37625
11			7.5	4	107.5	3225	9	19.75	29025	63693.75
12			7	4	107.5	3010	6	12.5	18060	37625
13			7.5	4	107.5	3225	6	19.75	19350	63693.75
14			3.5	4	107.5	1505	14.25	2.5	21446.25	3762.5
15			4	4	107.5	1720	21.5	2.5	36980	4300
16			3.5	4	107.5	1505	14.25	0.5	21446.25	752.5
17			2.5	4	107.5	1075	22.25	10	23918.75	10750
18		2.5	4	107.5	1075	22.25	13.5	23918.75	14512.5	
19		2.5	4	107.5	1075	24.75	13.5	14512.5	14512.5	
20		1.25	4	107.5	537.5	27.875	11.5	6181.25	6181.25	
21		1.25	4	107.5	537.5	27.875	10	5375	5375	
22		1.25	4	107.5	537.5	27.875	9	4837.5	4837.5	
23		6	4	107.5	2580	0	12	0	30960	
24		3	4	107.5	1290	0	7.5	0	9675	
25		6	4	107.5	2580	0	3	0	7740	
26		6	4	107.5	2580	28.5	12	73530	30960	
27		3	4	107.5	1290	28.5	7.5	36765	9675	
28		6	4	107.5	2580	28.5	3	73530	7740	
29		6	4	107.5	2580	31	12	79980	30960	
30		3	4	107.5	1290	31	7.5	39990	9675	
31		6	4	107.5	2580	31	3	79980	7740	
32		6	4	107.5	2580	9	3	23220	7740	
33		6	4	107.5	2580	9	12	23220	30960	
34		1.5	4	107.5	645	14.25	1.25	9191.25	806.25	
35		6	4	107.5	2580	14.25	3	36765	7740	
36		1.5	4	107.5	645	14.25	1.25	9191.25	806.25	
37		6	4	107.5	2580	19.75	3	50955	7740	
38		6	4	107.5	2580	23.5	12	60630	30960	
39		6	4	107.5	2580	23.5	3	60630	7740	
40		5	4	107.5	2150	26	12.5	55900	26875	
41		1.5	4	107.5	645	24.75	14.25	15963.75	9191.25	
	1.5	4	107.5	645	27.25	14.25	17576.25	9191.25		
	2.5	4	107.5	1075	26	1.25	27950	1343.75		
	3.5	4	107.5	1505	27.25	4.25	41011.25	6396.25		
Total						94707.5			1493605	777601.25

> BALOK

		Sloof										
No	Type	Arah	Dimensi Sloof		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
			b (m)	h (m)								
1	B1	x	0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	15	36450	121500	
2	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	15	78750	94500	
3	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	15	109687.5	101250	
4	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	15	183937.5	101250	
5	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	9	36450	72900	
6	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	9	78750	56700	
7	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	9	109687.5	60750	
8	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	9	183937.5	60750	
9	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	6	36450	48600	
10	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	6	78750	37800	
11	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	6	109687.5	40500	
12	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	6	183937.5	40500	
13	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	0	36450	0	
14	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	0	78750	0	
15	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	0	109687.5	0	
16	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	0	183937.5	0	
17	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	12	36450	97200	
18	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	12	78750	75600	
19	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	12	61425	45360	
20	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	12	80115	35280	
21	BA1		0.35	0.5	9	2400	3150	4.5	3	14175	9450	
22	BA2		0.35	0.5	7	2400	3150	12.5	3	39375	9450	
23	BA3		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	3	61425	11340	
24	BA4		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	3	80115	8820	
25	B2	y	0.5	0.75	6	2400	5400	31	12	167400	64800	
26	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	31	7.5	83700	20250	
27	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	31	3	167400	16200	
28	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	12	153900	64800	
29	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	28.5	7.5	76950	20250	
30	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	3	153900	16200	
31	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	12	0	64800	
32	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	0	7.5	0	20250	
33	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	3	0	16200	
34	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	12	68670	30240	
35	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	27.25	7.5	34335	9450	
36	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	3	68670	7560	
37	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	12	49770	30240	
38	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	19.75	7.5	24885	9450	
39	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	3	49770	7560	
40	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	12	31500	30240	
41	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	12.5	7.5	15750	9450	
42	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	3	31500	7560	
43	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	12	11340	30240	
44	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	4.5	7.5	5670	9450	
45	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	3	11340	7560	
Total							211440			3293580	1622250	
										15.577	7.672	

> KOLOM

No	Type	Kolom										
		Arah	Dimensi Kolom		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
			b (m)	h (m)								
1	K 60/60		0.7	0.7	3.5	2400	4116	-2.0	-2.0	-8232	-8232	
2			0.7	0.7	3.5	2400	4116	-4.0	-4.0	-16464	-16464	
3			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	-4.0	0	-16464	
4			0.7	0.7	3.5	2400	4116	-4.0	0.0	-16464	0	
5			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	0.0	0	0	
6			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	0.0	37044	0	
7			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	0.0	65856	0	
8			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	0.0	96726	0	
9			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	0.0	127596	0	
10			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	6.0	37044	24696	
11			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	6.0	65856	24696	
12			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	6.0	96726	24696	
13			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	6.0	127596	24696	
14			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	9.0	37044	37044	
15			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	9.0	65856	37044	
16			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	9.0	96726	37044	
17			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	9.0	127596	37044	
18			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	15.0	0	61740	
19			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	15.0	37044	61740	
20			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	15.0	65856	61740	
21			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	15.0	96726	61740	
22			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	15.0	127596	61740	
23		K 50/50		0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	5.0	0	10500
24				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	5.0	4200	10500
25				0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	7.0	0	14700
26				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	7.0	4200	14700
27				0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	9.0	0	18900
28				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	9.0	4200	18900
Total						86688				1280328	602700	

14.769

6.953

Lantai 2	Berat (W) (Kg)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
	Total Lantai 1	511635.5	7934347

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa	Ya
(m)	(m)
15.50781171	7.646739231

LANTAI 3

> **PLAT LANTAI**

No	Type	Arah	Dimensi Pelat		Tebal Plat (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Plat Lantai			W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			Panjang (m)	Lebar (m)			Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)		
1	S1		9	4	0.12	2400	10368	4.5	-2	46656	-20736
2	S1		11	4	0.12	2400	12672	-2	5.5	-25344	69696
3	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	13.5	8748	52488
4	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	10.5	8748	40824
5	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	7.5	7020	16200
6	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	4.5	7020	9720
7	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	1.5	8748	5832
8	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	13.5	26244	52488
9	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	10.5	26244	40824
10	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	7.5	26244	29160
11	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	4.5	999	972
12	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	1.5	999	324
13	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	13.5	32508	40824
14	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	10.5	32508	31752
15	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	7.5	32508	22680
16	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	4.5	32508	13608
17	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	1.5	32508	4536
18	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	13.5	37800	40824
19	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	10.5	37800	31752
20	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	7.5	37800	22680
21	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	4.5	37800	13608
22	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	1.5	37800	4536
23	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	13.5	57915	43740
24	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	10.5	57915	34020
25	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	7.5	57915	24300
26	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	4.5	57915	14580
27	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	1.5	57915	4860
28	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	13.5	70065	43740
29	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	10.5	70065	34020
30	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	7.5	70065	24300
31	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	4.5	70065	14580
32	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	1.5	70065	4860
33	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	13.5	82215	43740
34	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	10.5	82215	34020
35	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	7.5	82215	24300
36	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	4.5	82215	14580
37	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	1.5	82215	4860
38	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	13.5	30105	14580
39	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	10.5	30105	11340
40	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	7.5	94365	24300
41	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	4.5	94365	14580
42	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	1.5	94365	4860
Total							118800			1888146	958752

15.893

8.070

> DINDING

No	Type	Dinding								
		Dimensi Dinding		Tebal Plat (m)	Berat Tembok (Kg/m ²)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	Panjang (m)							
1	Lantai 3	X	9	4	107.5	3870	4.5	15	17415	58050
2			7	4	107.5	3010	12.5	15	37625	45150
3			7.5	4	107.5	3225	16.25	15	52406.25	48375
4			7.5	4	107.5	3225	27.25	15	87881.25	48375
5			9	4	107.5	3870	4.5	0	17415	0
6			7	4	107.5	3010	12.5	0	37625	0
7			7.5	4	107.5	3225	16.25	0	52406.25	0
8			7.5	4	107.5	3225	27.25	0	87881.25	0
9			9	4	107.5	3870	9	4.5	34830	17415
10			7	4	107.5	3010	9	12.5	27090	37625
11			7.5	4	107.5	3225	9	19.75	29025	63693.75
12			7	4	107.5	3010	6	12.5	18060	37625
13			7.5	4	107.5	3225	6	19.75	19350	63693.75
14			5	4	107.5	2150	26	6	55900	12900
15			2.5	4	107.5	1075	22.25	10	23918.75	10750
16			2.5	4	107.5	1075	22.25	13.5	23918.75	14512.5
17			2.5	4	107.5	1075	24.75	13.5	14512.5	14512.5
18			1.25	4	107.5	537.5	27.875	11.5	6181.25	6181.25
19		1.25	4	107.5	537.5	27.875	10	5375	5375	
20		1.25	4	107.5	537.5	27.875	9	4837.5	4837.5	
21		6	4	107.5	2580	0	12	0	30960	
22		3	4	107.5	1290	0	7.5	0	9675	
23		6	4	107.5	2580	0	3	0	7740	
24		6	4	107.5	2580	28.5	12	73530	30960	
25		3	4	107.5	1290	28.5	7.5	36765	9675	
26		6	4	107.5	2580	28.5	3	73530	7740	
27		6	4	107.5	2580	31	12	79980	30960	
28		3	4	107.5	1290	31	7.5	39990	9675	
29		6	4	107.5	2580	31	3	79980	7740	
30		6	4	107.5	2580	9	3	23220	7740	
31		6	4	107.5	2580	9	12	23220	30960	
32		6	4	107.5	2580	16	3	41280	7740	
33		6	4	107.5	2580	16	12	41280	30960	
34		6	4	107.5	2580	23.5	3	60630	7740	
35		6	4	107.5	2580	23.5	12	60630	30960	
36		5	4	107.5	2150	26	12.5	55900	26875	
37		1.5	4	107.5	645	24.75	14.25	15963.75	9191.25	
38		1.5	4	107.5	645	27.25	14.25	17576.25	9191.25	
Total								88257.5	1377128.75	795553.75
									15.604	9.014

> BALOK

		Sloof									
No	Type	Arah	Dimensi Sloof		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			b (m)	h (m)			(W) (Kg)	(X) (m)	(Y) (m)		
			0.5	0.75	4	2400	3600	9	-2	32400	-7200
			0.5	0.75	4	2400	3600	-2	9	-7200	32400
1	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	15	36450	121500
2	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	15	78750	94500
3	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	15	109687.5	101250
4	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	15	183937.5	101250
5	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	9	36450	72900
6	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	9	78750	56700
7	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	9	109687.5	60750
8	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	9	183937.5	60750
9	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	6	36450	48600
10	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	6	78750	37800
11	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	6	109687.5	40500
12	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	6	183937.5	40500
13	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	0	36450	0
14	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	0	78750	0
15	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	0	109687.5	0
16	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	0	183937.5	0
17	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	12	36450	97200
18	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	12	78750	75600
19	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	12	61425	45360
20	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	12	80115	35280
21	BA1		0.35	0.5	9	2400	3150	4.5	3	14175	9450
22	BA2		0.35	0.5	7	2400	3150	12.5	3	39375	9450
23	BA3		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	3	61425	11340
24	BA4		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	3	80115	8820
25	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	31	12	167400	64800
26	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	31	7.5	83700	20250
27	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	31	3	167400	16200
28	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	12	153900	64800
29	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	28.5	7.5	76950	20250
30	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	3	153900	16200
31	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	12	0	64800
32	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	0	7.5	0	20250
33	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	3	0	16200
34	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	12	68670	30240
35	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	27.25	7.5	34335	9450
36	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	3	68670	7560
37	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	12	49770	30240
38	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	19.75	7.5	24885	9450
39	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	3	49770	7560
40	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	12	31500	30240
41	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	12.5	7.5	15750	9450
42	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	3	31500	7560
43	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	12	11340	30240
44	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	4.5	7.5	5670	9450
45	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	3	11340	7560
Total							211440			3318780	1647450
										15.696	7.792

> KOLOM

No	Type	Kolom									
		Arah	Dimensi Kolom		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			b (m)	h (m)							
1	K 60/60		0.7	0.7	3.5	2400	4116	-2.0	-2.0	-8232	-8232
2			0.7	0.7	3.5	2400	4116	-4.0	-4.0	-16464	-16464
3			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	-4.0	0	-16464
4			0.7	0.7	3.5	2400	4116	-4.0	0.0	-16464	0
5			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	0.0	0	0
6			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	0.0	37044	0
7			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	0.0	65856	0
8			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	0.0	96726	0
9			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	0.0	127596	0
10			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	6.0	37044	24696
11			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	6.0	65856	24696
12			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	6.0	96726	24696
13			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	6.0	127596	24696
14			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	9.0	37044	37044
15			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	9.0	65856	37044
16			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	9.0	96726	37044
17			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	9.0	127596	37044
18			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	15.0	0	61740
19			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	15.0	37044	61740
20			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	15.0	65856	61740
21			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	15.0	96726	61740
22			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	15.0	127596	61740
23		K 50/50	0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	5.0	0	10500
24			0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	5.0	4200	10500
25			0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	7.0	0	14700
26			0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	7.0	4200	14700
27			0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	9.0	0	18900
28			0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	9.0	4200	18900
Total						86688				1280328	602700

14.769

6.953

Lantai 3		Berat (W)	W.x	W.y
		(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)
Total Lantai 1		505185.5	7864382.75	4004455.75

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa	Ya
(m)	(m)
15.56731686	7.926703656

LANTAI 4

> **PLAT LANTAI**

No	Type	Arah	Dimensi Pelat		Tebal Plat (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Plat Lantai			W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			Panjang (m)	Lebar (m)			Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)		
1	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	13.5	8748	52488
2	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	10.5	8748	40824
3	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	7.5	7020	16200
4	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	4.5	7020	9720
5	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	1.5	8748	5832
6	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	13.5	26244	52488
7	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	10.5	26244	40824
8	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	7.5	26244	29160
9	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	4.5	999	972
10	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	1.5	999	324
11	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	13.5	32508	40824
12	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	10.5	32508	31752
13	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	7.5	32508	22680
14	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	4.5	32508	13608
15	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	1.5	32508	4536
16	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	13.5	37800	40824
17	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	10.5	37800	31752
18	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	7.5	37800	22680
19	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	4.5	37800	13608
20	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	1.5	37800	4536
21	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	13.5	57915	43740
22	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	10.5	57915	34020
23	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	7.5	57915	24300
24	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	4.5	57915	14580
25	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	1.5	57915	4860
26	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	13.5	70065	43740
27	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	10.5	70065	34020
28	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	7.5	70065	24300
29	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	4.5	70065	14580
30	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	1.5	70065	4860
31	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	13.5	82215	43740
32	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	10.5	82215	34020
33	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	7.5	82215	24300
34	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	4.5	82215	14580
35	S9		1.25	3	0.12	2400	3240	25.375	1.5	82215	4860
36	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	13.5	30105	14580
37	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	10.5	30105	11340
38	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	7.5	94365	24300
39	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	4.5	94365	14580
40	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	1.5	94365	4860
Total							118800			1866834	909792

15.714

7.658

> DINDING

No	Type	Dinding								
		Dimensi Dinding		Tebal Plat (m)	Berat Tembok (Kg/m ²)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	Panjang (m)							
1	Lantai 4	X	9	4	107.5	3870	4.5	15	17415	58050
2			7	4	107.5	3010	12.5	15	37625	45150
3			7.5	4	107.5	3225	16.25	15	52406.25	48375
4			7.5	4	107.5	3225	27.25	15	87881.25	48375
5			9	4	107.5	3870	4.5	0	17415	0
6			7	4	107.5	3010	12.5	0	37625	0
7			7.5	4	107.5	3225	16.25	0	52406.25	0
8			7.5	4	107.5	3225	27.25	0	87881.25	0
9			9	4	107.5	3870	12	4.5	46440	17415
10			7	4	107.5	3010	12	12.5	36120	37625
11			7.5	4	107.5	3225	12	19.75	38700	63693.75
12			7	4	107.5	3010	3	12.5	9030	37625
13			3.75	4	107.5	1612.5	3	19.75	4837.5	31846.875
14			3.75	4	107.5	1612.5	6	19.75	9675	31846.875
15			5	4	107.5	2150	26	6	55900	12900
16			2.5	4	107.5	1075	22.25	10	23918.75	10750
17			2.5	4	107.5	1075	22.25	13.5	23918.75	14512.5
18			2.5	4	107.5	1075	24.75	13.5	14512.5	14512.5
19			1.25	4	107.5	537.5	27.875	11.5	6181.25	6181.25
20			1.25	4	107.5	537.5	27.875	10	5375	5375
21			1.25	4	107.5	537.5	27.875	9	4837.5	4837.5
22			3.75	4	107.5	1612.5	25.375	6	9675	9675
23			3.75	4	107.5	1612.5	25.375	2.5	4031.25	4031.25
24			2.5	4	107.5	1075	27.25	1.8	1935	1935
25			6	4	107.5	2580	0	12	0	30960
26			3	4	107.5	1290	0	7.5	0	9675
27			6	4	107.5	2580	0	3	0	7740
28			6	4	107.5	2580	28.5	12	73530	30960
29		3	4	107.5	1290	28.5	7.5	36765	9675	
30		6	4	107.5	2580	28.5	3	73530	7740	
31		6	4	107.5	2580	31	12	79980	30960	
32		3	4	107.5	1290	31	7.5	39990	9675	
33		6	4	107.5	2580	31	3	79980	7740	
34		6	4	107.5	2580	4.5	12	11610	30960	
35		3	4	107.5	1290	9	13.5	11610	17415	
36		3	4	107.5	1290	9	1.5	11610	1935	
37		3	4	107.5	1290	12.5	13.5	16125	17415	
38		3	4	107.5	1290	12.5	1.5	16125	1935	
39		3	4	107.5	1290	16	13.5	20640	17415	
40		3	4	107.5	1290	16	1.5	20640	1935	
41		3	4	107.5	1290	19.75	13.5	25477.5	17415	
42		6	4	107.5	2580	19.75	3	50955	7740	
43		3	4	107.5	1290	26	1.5	33540	1935	
44		3	4	107.5	1290	26.5	4.5	34185	5805	
Total					90407.5	26.5		1322035	771742.5	
								14.623	8.536	

> BALOK

		Sloof										
No	Type	Arah	Dimensi Sloof		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
			b (m)	h (m)			(W) (Kg)	(X) (m)	(Y) (m)			
1	B1	x	0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	15	36450	121500	
2	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	15	78750	94500	
3	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	15	109687.5	101250	
4	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	15	183937.5	101250	
5	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	9	36450	72900	
6	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	9	78750	56700	
7	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	9	109687.5	60750	
8	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	9	183937.5	60750	
9	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	6	36450	48600	
10	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	6	78750	37800	
11	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	6	109687.5	40500	
12	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	6	183937.5	40500	
13	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	0	36450	0	
14	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	0	78750	0	
15	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	0	109687.5	0	
16	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	0	183937.5	0	
17	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	12	36450	97200	
18	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	12	78750	75600	
19	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	12	61425	45360	
20	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	12	80115	35280	
21	BA1		0.35	0.5	9	2400	3150	4.5	3	14175	9450	
22	BA2		0.35	0.5	7	2400	3150	12.5	3	39375	9450	
23	BA3		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	3	61425	11340	
24	BA4		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	3	80115	8820	
25	B2	y	0.5	0.75	6	2400	5400	31	12	167400	64800	
26	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	31	7.5	83700	20250	
27	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	31	3	167400	16200	
28	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	12	153900	64800	
29	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	28.5	7.5	76950	20250	
30	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	3	153900	16200	
31	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	12	0	64800	
32	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	0	7.5	0	20250	
33	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	3	0	16200	
34	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	12	68670	30240	
35	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	27.25	7.5	34335	9450	
36	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	3	68670	7560	
37	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	12	49770	30240	
38	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	19.75	7.5	24885	9450	
39	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	3	49770	7560	
40	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	12	31500	30240	
41	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	12.5	7.5	15750	9450	
42	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	3	31500	7560	
43	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	12	11340	30240	
44	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	4.5	7.5	5670	9450	
45	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	3	11340	7560	
Total							211440			3293580	1622250	
										15.577	7.672	

> KOLOM

No	Type	Kolom										
		Arah	Dimensi Kolom		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
			b (m)	h (m)								
1	K 70/70		0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	0.0	0	0	
2			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	0.0	37044	0	
3			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	0.0	65856	0	
4			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	0.0	96726	0	
5			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	0.0	127596	0	
6			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	6.0	37044	24696	
7			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	6.0	65856	24696	
8			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	6.0	96726	24696	
9			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	6.0	127596	24696	
10			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	9.0	37044	37044	
11			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	9.0	65856	37044	
12			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	9.0	96726	37044	
13			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	9.0	127596	37044	
14			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	15.0	0	61740	
15			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	15.0	37044	61740	
16			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	15.0	65856	61740	
17			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	15.0	96726	61740	
18			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	15.0	127596	61740	
19		K 50/50		0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	5.0	0	10500
20				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	5.0	4200	10500
21			0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	7.0	0	14700	
22			0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	7.0	4200	14700	
23			0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	9.0	0	18900	
24			0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	9.0	4200	18900	
Total						86688				1321488	643860	

15.244

7.427

Lantai 4	Berat (W) (Kg)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
	Total Lantai 1	507335.5	7803937

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa (m)	Ya (m)
15.38220172	7.781132012

LANTAI 5

> **PLAT LANTAI**

No	Type	Arah	Dimensi Pelat		Tebal Plat (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Plat Lantai			W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			Panjang (m)	Lebar (m)			Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)		
1	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	13.5	8748	52488
2	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	10.5	8748	40824
3	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	7.5	7020	16200
4	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	4.5	7020	9720
5	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	1.5	8748	5832
6	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	13.5	26244	52488
7	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	10.5	26244	40824
8	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	7.5	26244	29160
9	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	4.5	999	972
10	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	1.5	999	324
11	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	13.5	32508	40824
12	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	10.5	32508	31752
13	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	7.5	32508	22680
14	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	4.5	32508	13608
15	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	1.5	32508	4536
16	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	13.5	37800	40824
17	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	10.5	37800	31752
18	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	7.5	37800	22680
19	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	4.5	37800	13608
20	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	1.5	37800	4536
21	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	13.5	57915	43740
22	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	10.5	57915	34020
23	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	7.5	57915	24300
24	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	4.5	57915	14580
25	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	1.5	57915	4860
26	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	13.5	70065	43740
27	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	10.5	70065	34020
28	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	7.5	70065	24300
29	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	4.5	70065	14580
30	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	1.5	70065	4860
31	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	13.5	82215	43740
32	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	10.5	82215	34020
33	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	7.5	82215	24300
34	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	4.5	82215	14580
35	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	1.5	82215	4860
36	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	13.5	30105	14580
37	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	10.5	30105	11340
38	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	7.5	94365	24300
39	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	4.5	94365	14580
40	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	1.5	94365	4860
Total							118800			1866834	909792

15.714

7.658

> DINDING

No	Type	Dinding								
		Dimensi Dinding		Tebal Plat (m)	Berat Tembok (Kg/m ²)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	Panjang (m)							
1	Lantai 5	x	9	4	107.5	3870	4.5	15	17415	58050
2			7	4	107.5	3010	12.5	15	37625	45150
3			7.5	4	107.5	3225	16.25	15	52406.25	48375
4			7.5	4	107.5	3225	27.25	15	87881.25	48375
5			9	4	107.5	3870	4.5	0	17415	0
6			7	4	107.5	3010	12.5	0	37625	0
7			7.5	4	107.5	3225	16.25	0	52406.25	0
8			7.5	4	107.5	3225	27.25	0	87881.25	0
9			9	4	107.5	3870	9	4.5	34830	17415
10			7	4	107.5	3010	9	12.5	27090	37625
11			7.5	4	107.5	3225	9	19.75	29025	63693.75
12			7	4	107.5	3010	6	12.5	18060	37625
13			7.5	4	107.5	3225	6	19.75	19350	63693.75
14			5	4	107.5	2150	26	6	55900	12900
15			2.5	4	107.5	1075	22.25	10	23918.75	10750
16			2.5	4	107.5	1075	22.25	13.5	23918.75	14512.5
17			2.5	4	107.5	1075	24.75	13.5	14512.5	14512.5
18			1.25	4	107.5	537.5	27.875	11.5	6181.25	6181.25
19		1.25	4	107.5	537.5	27.875	10	5375	5375	
20		1.25	4	107.5	537.5	27.875	9	4837.5	4837.5	
21		6	4	107.5	2580	0	12	0	30960	
22		3	4	107.5	1290	0	7.5	0	9675	
23		6	4	107.5	2580	0	3	0	7740	
24		6	4	107.5	2580	28.5	12	73530	30960	
25		3	4	107.5	1290	28.5	7.5	36765	9675	
26		6	4	107.5	2580	28.5	3	73530	7740	
27		6	4	107.5	2580	31	12	79980	30960	
28		3	4	107.5	1290	31	7.5	39990	9675	
29		6	4	107.5	2580	31	3	79980	7740	
30		6	4	107.5	2580	9	3	23220	7740	
31		6	4	107.5	2580	9	12	23220	30960	
32		6	4	107.5	2580	16	3	41280	7740	
33		6	4	107.5	2580	16	12	41280	30960	
34		6	4	107.5	2580	23.5	3	60630	7740	
35		6	4	107.5	2580	23.5	12	60630	30960	
36		5	4	107.5	2150	26	12.5	55900	26875	
37		1.5	4	107.5	645	24.75	14.25	15963.75	9191.25	
38		1.5	4	107.5	645	27.25	14.25	17576.25	9191.25	
Total					88257.5			1377128.75	795553.75	
								15.604	9.014	

> BALOK

		Sloof										
No	Type	Arah	Dimensi Sloof		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
			b (m)	h (m)								
1	B1	x	0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	15	36450	121500	
2	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	15	78750	94500	
3	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	15	109687.5	101250	
4	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	15	183937.5	101250	
5	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	9	36450	72900	
6	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	9	78750	56700	
7	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	9	109687.5	60750	
8	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	9	183937.5	60750	
9	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	6	36450	48600	
10	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	6	78750	37800	
11	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	6	109687.5	40500	
12	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	6	183937.5	40500	
13	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	0	36450	0	
14	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	0	78750	0	
15	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	0	109687.5	0	
16	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	0	183937.5	0	
17	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	12	36450	97200	
18	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	12	78750	75600	
19	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	12	61425	45360	
20	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	12	80115	35280	
21	BA1		0.35	0.5	9	2400	3150	4.5	3	14175	9450	
22	BA2		0.35	0.5	7	2400	3150	12.5	3	39375	9450	
23	BA3		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	3	61425	11340	
24	BA4		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	3	80115	8820	
25	B2	y	0.5	0.75	6	2400	5400	31	12	167400	64800	
26	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	31	7.5	83700	20250	
27	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	31	3	167400	16200	
28	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	12	153900	64800	
29	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	28.5	7.5	76950	20250	
30	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	3	153900	16200	
31	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	12	0	64800	
32	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	0	7.5	0	20250	
33	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	3	0	16200	
34	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	12	68670	30240	
35	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	27.25	7.5	34335	9450	
36	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	3	68670	7560	
37	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	12	49770	30240	
38	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	19.75	7.5	24885	9450	
39	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	3	49770	7560	
40	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	12	31500	30240	
41	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	12.5	7.5	15750	9450	
42	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	3	31500	7560	
43	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	12	11340	30240	
44	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	4.5	7.5	5670	9450	
45	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	3	11340	7560	
Total							211440			3293580	1622250	
										15.577	7.672	

> KOLOM

No	Type	Kolom										
		Arah	Dimensi Kolom		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
			b (m)	h (m)								
1	K 70/70		0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	0.0	0	0	
2			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	0.0	37044	0	
3			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	0.0	65856	0	
4			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	0.0	96726	0	
5			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	0.0	127596	0	
6			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	6.0	37044	24696	
7			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	6.0	65856	24696	
8			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	6.0	96726	24696	
9			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	6.0	127596	24696	
10			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	9.0	37044	37044	
11			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	9.0	65856	37044	
12			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	9.0	96726	37044	
13			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	9.0	127596	37044	
14			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	15.0	0	61740	
15			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	15.0	37044	61740	
16			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	15.0	65856	61740	
17			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	15.0	96726	61740	
18			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	15.0	127596	61740	
19		K 50/50		0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	5.0	0	10500
20				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	5.0	4200	10500
21				0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	7.0	0	14700
22				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	7.0	4200	14700
23				0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	9.0	0	18900
24				0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	9.0	4200	18900
Total						86688				1321488	643860	

15.244

7.427

Lantai 5		Berat (W) (Kg)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Total Lantai 1		505185.5

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa	Ya
(m)	(m)
15.55672273	7.861381116

LANTAI 6

> PLAT LANTAI

No	Type	Arah	Dimensi Pelat		Tebal Plat (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Plat Lantai			W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			Panjang (m)	Lebar (m)			Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo			
								(X) (m)	(Y) (m)		
1	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	13.5	8748	52488
2	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	10.5	8748	40824
3	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	7.5	7020	16200
4	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	4.5	7020	9720
5	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	1.5	8748	5832
6	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	13.5	26244	52488
7	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	10.5	26244	40824
8	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	7.5	26244	29160
9	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	4.5	999	972
10	S1		0.25	3	0.12	2400	216	4.625	1.5	999	324
11	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	13.5	32508	40824
12	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	10.5	32508	31752
13	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	7.5	32508	22680
14	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	4.5	32508	13608
15	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	1.5	32508	4536
16	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	13.5	37800	40824
17	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	10.5	37800	31752
18	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	7.5	37800	22680
19	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	4.5	37800	13608
20	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	1.5	37800	4536
21	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	13.5	57915	43740
22	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	10.5	57915	34020
23	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	7.5	57915	24300
24	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	4.5	57915	14580
25	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	1.5	57915	4860
26	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	13.5	70065	43740
27	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	10.5	70065	34020
28	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	7.5	70065	24300
29	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	4.5	70065	14580
30	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	1.5	70065	4860
31	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	13.5	82215	43740
32	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	10.5	82215	34020
33	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	7.5	82215	24300
34	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	4.5	82215	14580
35	S9		1.25	3	0.12	2400	3240	25.375	1.5	82215	4860
36	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	13.5	30105	14580
37	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	10.5	30105	11340
38	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	7.5	94365	24300
39	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	4.5	94365	14580
40	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	1.5	94365	4860
Total							118800			1866834	909792

15.714

7.658

> DINDING

No	Type	Dinding								
		Dimensi Dinding		Tebal Plat (m)	Berat Tembok (Kg/m ²)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	Panjang (m)							
1	Lantai 6	×	9	4	107.5	3870	4.5	15	17415	58050
2			7	4	107.5	3010	12.5	15	37625	45150
3			7.5	4	107.5	3225	16.25	15	52406.25	48375
4			7.5	4	107.5	3225	27.25	15	87881.25	48375
5			9	4	107.5	3870	4.5	0	17415	0
6			7	4	107.5	3010	12.5	0	37625	0
7			7.5	4	107.5	3225	16.25	0	52406.25	0
8			7.5	4	107.5	3225	27.25	0	87881.25	0
9			9	4	107.5	3870	9	4.5	34830	17415
17			2.5	4	107.5	1075	22.25	10	23918.75	10750
18		2.5	4	107.5	1075	22.25	13.5	23918.75	14512.5	
19		2.5	4	107.5	1075	24.75	13.5	14512.5	14512.5	
20		1.25	4	107.5	537.5	27.875	11.5	6181.25	6181.25	
21		1.25	4	107.5	537.5	27.875	10	5375	5375	
22		1.25	4	107.5	537.5	27.875	9	4837.5	4837.5	
23		6	4	107.5	2580	0	12	0	30960	
24		3	4	107.5	1290	0	7.5	0	9675	
25		6	4	107.5	2580	0	3	0	7740	
26		6	4	107.5	2580	28.5	12	73530	30960	
27		3	4	107.5	1290	28.5	7.5	36765	9675	
28		6	4	107.5	2580	28.5	3	73530	7740	
29	6	4	107.5	2580	31	12	79980	30960		
30	3	4	107.5	1290	31	7.5	39990	9675		
31	6	4	107.5	2580	31	3	79980	7740		
32	6	4	107.5	2580	9	3	23220	7740		
33	6	4	107.5	2580	9	12	23220	30960		
37	6	4	107.5	2580	23.5	3	60630	7740		
38	6	4	107.5	2580	23.5	12	60630	30960		
39	5	4	107.5	2150	26	12.5	55900	26875		
40	1.5	4	107.5	645	24.75	14.25	15963.75	9191.25		
41	1.5	4	107.5	645	27.25	14.25	17576.25	9191.25		
Total					68477.5			1145143.75	541316.25	
								16.723	7.905	

> BALOK

No	Type	Sloof									
		Arah	Dimensi Sloof		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			b (m)	h (m)							
1	B1	×	0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	15	36450	121500
2	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	15	78750	94500
3	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	15	109687.5	101250
4	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	15	183937.5	101250
5	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	9	36450	72900
6	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	9	78750	56700
7	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	9	109687.5	60750
8	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	9	183937.5	60750
9	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	6	36450	48600
10	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	6	78750	37800
11	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	6	109687.5	40500
12	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	6	183937.5	40500
13	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	0	36450	0
14	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	0	78750	0
15	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	0	109687.5	0
16	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	0	183937.5	0
17	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	12	36450	97200
18	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	12	78750	75600
19	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	12	61425	45360
20	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	12	80115	35280
21	BA1		0.35	0.5	9	2400	3150	4.5	3	14175	9450
22	BA2		0.35	0.5	7	2400	3150	12.5	3	39375	9450
23	BA3		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	3	61425	11340
24	BA4		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	3	80115	8820
25	B2	0.5	0.75	6	2400	5400	31	12	167400	64800	
26	B2	0.5	0.75	3	2400	2700	31	7.5	83700	20250	
27	B2	0.5	0.75	6	2400	5400	31	3	167400	16200	
28	B2	0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	12	153900	64800	
29	B2	0.5	0.75	3	2400	2700	28.5	7.5	76950	20250	
30	B2	0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	3	153900	16200	
31	B2	0.5	0.75	6	2400	5400	0	12	0	64800	
32	B2	0.5	0.75	3	2400	2700	0	7.5	0	20250	
33	B2	0.5	0.75	6	2400	5400	0	3	0	16200	
34	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	12	68670	30240	
35	BA2	0.35	0.5	3	2400	1260	27.25	7.5	34335	9450	
36	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	3	68670	7560	
37	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	12	49770	30240	
38	BA2	0.35	0.5	3	2400	1260	19.75	7.5	24885	9450	
39	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	3	49770	7560	
40	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	12	31500	30240	
41	BA2	0.35	0.5	3	2400	1260	12.5	7.5	15750	9450	
42	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	3	31500	7560	
43	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	12	11340	30240	
44	BA2	0.35	0.5	3	2400	1260	4.5	7.5	5670	9450	
45	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	3	11340	7560	
Total						211440				3293580	1622250

15.577

7.672

> KOLOM

No	Type	Kolom									
		Arah	Dimensi Kolom		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			b (m)	h (m)							
1	K 70/70		0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	0.0	0	0
2			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	0.0	37044	0
3			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	0.0	65856	0
4			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	0.0	96726	0
5			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	0.0	127596	0
6			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	6.0	37044	24696
7			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	6.0	65856	24696
8			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	6.0	96726	24696
9			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	6.0	127596	24696
10			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	9.0	37044	37044
11			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	9.0	65856	37044
12			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	9.0	96726	37044
13			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	9.0	127596	37044
14			0.7	0.7	3.5	2400	4116	0.0	15.0	0	61740
15			0.7	0.7	3.5	2400	4116	9.0	15.0	37044	61740
16			0.7	0.7	3.5	2400	4116	16.0	15.0	65856	61740
17			0.7	0.7	3.5	2400	4116	23.5	15.0	96726	61740
18			0.7	0.7	3.5	2400	4116	31.0	15.0	127596	61740
19	K 50/50		0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	5.0	0	10500
20			0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	5.0	4200	10500
21			0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	7.0	0	14700
22			0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	7.0	4200	14700
23			0.5	0.5	3.5	2400	2100	0.0	9.0	0	18900
24			0.5	0.5	3.5	2400	2100	2.0	9.0	4200	18900
Total						86688				1321488	643860

15.244

7.427

Lantai 6	Berat (W) (Kg)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
Total Lantai 1	485405.5	7627045.75	3717218.25

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa	Ya
(m)	(m)
15.71273039	7.657964836

LANTAI ATAP

> PLAT LANTAI

No	Type	Arah	Dimensi Pelat		Tebal Plat (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Plat Lantai			W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			Panjang (m)	Lebar (m)			Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)		
1	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	13.5	8748	52488
2	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	10.5	8748	40824
3	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	7.5	7020	16200
4	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	4.5	7020	9720
5	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	2.25	1.5	8748	5832
6	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	13.5	26244	52488
7	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	10.5	26244	40824
8	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	7.5	26244	29160
9	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	4.5	26244	17496
10	S1		4.5	3	0.12	2400	3888	6.75	1.5	26244	5832
11	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	13.5	32508	40824
12	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	10.5	32508	31752
13	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	7.5	32508	22680
14	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	4.5	32508	13608
15	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	1.5	32508	4536
16	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	13.5	37800	40824
17	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	10.5	37800	31752
18	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	7.5	37800	22680
19	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	4.5	37800	13608
20	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	1.5	37800	4536
21	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	13.5	57915	43740
22	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	10.5	57915	34020
23	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	7.5	57915	24300
24	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	4.5	57915	14580
25	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	1.5	57915	4860
26	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	13.5	70065	43740
27	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	10.5	70065	34020
28	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	7.5	70065	24300
29	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	4.5	70065	14580
30	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	1.5	70065	4860
31	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	13.5	82215	43740
32	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	10.5	82215	34020
33	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	7.5	82215	24300
34	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	4.5	82215	14580
35	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	1.5	82215	4860
36	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	13.5	30105	14580
37	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	10.5	30105	11340
38	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	7.5	94365	24300
39	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	4.5	94365	14580
40	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	1.5	94365	4860
Total							126144			1917324	931824

15.199

7.387

> BALOK

No	Type	Sloof										
		Dimensi Sloof			Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
		Arah	b (m)	h (m)								
1	B1	×	0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	15	36450	121500	
2	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	15	78750	94500	
3	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	15	109687.5	101250	
4	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	15	183937.5	101250	
5	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	9	36450	72900	
6	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	9	78750	56700	
7	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	9	109687.5	60750	
8	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	9	183937.5	60750	
9	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	6	36450	48600	
10	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	6	78750	37800	
11	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	6	109687.5	40500	
12	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	6	183937.5	40500	
13	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	0	36450	0	
14	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	0	78750	0	
15	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	0	109687.5	0	
16	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	0	183937.5	0	
17	B1		0.5	0.75	9	2400	8100	4.5	12	36450	97200	
18	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	12	78750	75600	
19	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	12	61425	45360	
20	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	12	80115	35280	
21	BA1		0.35	0.5	9	2400	3150	4.5	3	14175	9450	
22	BA2		0.35	0.5	7	2400	3150	12.5	3	39375	9450	
23	BA3		0.35	0.5	7.5	2400	3780	16.25	3	61425	11340	
24	BA4		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	3	80115	8820	
25	B2	>	0.5	0.75	6	2400	5400	31	12	167400	64800	
26	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	31	7.5	83700	20250	
27	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	31	3	167400	16200	
28	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	12	153900	64800	
29	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	28.5	7.5	76950	20250	
30	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	3	153900	16200	
31	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	12	0	64800	
32	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	0	7.5	0	20250	
33	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	3	0	16200	
34	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	12	68670	30240	
35	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	27.25	7.5	34335	9450	
36	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	3	68670	7560	
37	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	12	49770	30240	
38	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	19.75	7.5	24885	9450	
39	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	3	49770	7560	
40	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	12	31500	30240	
41	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	12.5	7.5	15750	9450	
42	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	3	31500	7560	
43	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	12	11340	30240	
44	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	4.5	7.5	5670	9450	
45	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	3	11340	7560	
Total								211440			3293580	1622250

15.577

7.672

> KOLOM

No	Type	Kolom										
		Dimensi Kolom			Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
		Arah	b (m)	h (m)								
2	k 70/70		0.7	0.7	2.5	2400	2940	9.0	0.0	26460	0	
3			0.7	0.7	2.5	2400	2940	16.0	0.0	47040	0	
4			0.7	0.7	2.5	2400	2940	23.5	0.0	69090	0	
5			0.7	0.7	2.5	2400	2940	31.0	0.0	91140	0	
6			0.7	0.7	2.5	2400	2940	9.0	6.0	26460	17640	
7			0.7	0.7	2.5	2400	2940	16.0	6.0	47040	17640	
8			0.7	0.7	2.5	2400	2940	23.5	6.0	69090	17640	
9			0.7	0.7	2.5	2400	2940	31.0	6.0	91140	17640	
10			0.7	0.7	2.5	2400	2940	9.0	9.0	26460	26460	
11			0.7	0.7	2.5	2400	2940	16.0	9.0	47040	26460	
12			0.7	0.7	2.5	2400	2940	23.5	9.0	69090	26460	
13			0.7	0.7	2.5	2400	2940	31.0	9.0	91140	26460	
15			0.7	0.7	2.5	2400	2940	9.0	15.0	26460	44100	
16			0.7	0.7	2.5	2400	2940	16.0	15.0	47040	44100	
17			0.7	0.7	2.5	2400	2940	23.5	15.0	69090	44100	
18			0.7	0.7	2.5	2400	2940	31.0	15.0	91140	44100	
19		k 50/50		0.5	0.5	2.5	2400	1500	0.0	5.0	0	7500
20				0.5	0.5	2.5	2400	1500	2.0	5.0	3000	7500
21				0.5	0.5	2.5	2400	1500	0.0	7.0	0	10500
22			0.5	0.5	2.5	2400	1500	2.0	7.0	3000	10500	
23			0.5	0.5	2.5	2400	1500	0.0	9.0	0	13500	
24			0.5	0.5	2.5	2400	1500	2.0	9.0	3000	13500	
Total						56040				943920	415800	

16.844

7.420

Lantai Atap	Berat (W)	W.x	W.y
	(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)
Total Lantai 1	393624	6154824	2969874

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa	Ya
(m)	(m)
15.63630266	7.544951527

ROOFTOP

> **PLAT LANTAI**

No	Type	Arah	Dimensi Pelat		Tebal Plat (m)	BJ Beton (Kg/m ³)	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
			Panjang (m)	Lebar (m)							
			Plat Lantai								
5	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	7.5	7020	16200
6	S1		2.5	3	0.12	2400	2160	3.25	4.5	7020	9720
11	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	13.5	32508	40824
12	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	10.5	32508	31752
13	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	7.5	32508	22680
14	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	4.5	32508	13608
15	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	10.75	1.5	32508	4536
16	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	13.5	37800	40824
17	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	10.5	37800	31752
18	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	7.5	37800	22680
19	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	4.5	37800	13608
20	S2		3.5	3	0.12	2400	3024	12.5	1.5	37800	4536
21	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	13.5	57915	43740
22	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	10.5	57915	34020
23	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	7.5	57915	24300
24	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	4.5	57915	14580
25	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	17.875	1.5	57915	4860
26	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	13.5	70065	43740
27	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	10.5	70065	34020
28	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	7.5	70065	24300
29	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	4.5	70065	14580
30	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	21.625	1.5	70065	4860
31	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	13.5	82215	43740
32	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	10.5	82215	34020
33	S3		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	7.5	82215	24300
34	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	4.5	82215	14580
35	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	25.375	1.5	82215	4860
36	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	13.5	30105	14580
37	S9		1.25	3	0.12	2400	1080	27.875	10.5	30105	11340
38	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	7.5	94365	24300
39	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	4.5	94365	14580
40	S9		3.75	3	0.12	2400	3240	29.125	1.5	94365	4860
Total							95040			1759860	686880

18.517

7.227

> BALOK

No	Type	Arah	Dimensi Sloof		Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m3)	Balok			W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)	
			b (m)	h (m)			Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)			
			(m)	(m)			(Kg)	(m)	(m)			
1	B1	x	0.5	0.75	4.5	2400	4050	4.5	15	18225	60750	
2	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	15	78750	94500	
3	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	15	109687.5	101250	
4	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	15	183937.5	101250	
5	B1		0.5	0.75	4.5	2400	4050	4.5	9	18225	36450	
6	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	9	78750	56700	
7	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	9	109687.5	60750	
8	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	9	183937.5	60750	
9	B1		0.5	0.75	4.5	2400	4050	4.5	6	18225	24300	
10	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	6	78750	37800	
11	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	6	109687.5	40500	
12	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	6	183937.5	40500	
13	B1		0.5	0.75	4.5	2400	4050	4.5	0	18225	0	
14	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	0	78750	0	
15	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	16.25	0	109687.5	0	
16	B1		0.5	0.75	7.5	2400	6750	27.25	0	183937.5	0	
17	B1		0.5	0.75	4.5	2400	4050	4.5	12	18225	48600	
18	B1		0.5	0.75	7	2400	6300	12.5	12	78750	75600	
19	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	1890	16.25	12	30712.5	22680	
20	BA1		0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	12	80115	35280	
21	BA1	0.35	0.5	4.5	2400	3150	4.5	3	14175	9450		
22	BA2	0.35	0.5	7	2400	3150	12.5	3	39375	9450		
23	BA3	0.35	0.5	7.5	2400	1890	16.25	3	30712.5	5670		
24	BA4	0.35	0.5	7.5	2400	2940	27.25	3	80115	8820		
25	B2	y	0.5	0.75	6	2400	5400	31	12	167400	64800	
26	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	31	7.5	83700	20250	
27	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	31	3	167400	16200	
28	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	12	153900	64800	
29	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	28.5	7.5	76950	20250	
30	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	28.5	3	153900	16200	
31	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	12	0	64800	
32	B2		0.5	0.75	3	2400	2700	0	7.5	0	20250	
33	B2		0.5	0.75	6	2400	5400	0	3	0	16200	
34	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	12	68670	30240	
35	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	27.25	7.5	34335	9450	
36	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	27.25	3	68670	7560	
37	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	12	49770	30240	
38	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	19.75	7.5	24885	9450	
39	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	19.75	3	49770	7560	
40	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	12	31500	30240	
41	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	12.5	7.5	15750	9450	
42	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	12.5	3	31500	7560	
43	BA2		0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	12	11340	30240	
44	BA2		0.35	0.5	3	2400	1260	4.5	7.5	5670	9450	
45	BA2	0.35	0.5	6	2400	2520	4.5	3	11340	7560		
Total							187410				3141030	1423800
											16.760	7.597

Lantai Atap	Berat (W) (Kg)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
Total Lantai 1	282450	4900890	2110680

Perhitungan Letak Titik Berat

Xa	Ya
(m)	(m)
17.35135422	7.47275624

PERHITUNGAN PUSAT KEKAKUAN BANGUNAN (CR)

No	Type	As	Dimensi Pelat		Jarak		(Lx).X	(Ly).Y
			Ly	Lx	(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	Kolom 70/70	A1	0.70	0.70	0.0	0.0	0.00	0.00
2	Kolom 70/70	B1	0.70	0.70	9.0	0.0	6.30	0.00
3	Kolom 70/70	C1	0.70	0.70	16.0	0.0	11.20	0.00
4	Kolom 70/70	D1	0.70	0.70	23.5	0.0	16.45	0.00
5	Kolom 70/70	E1	0.70	0.70	31.0	0.0	21.70	0.00
6	Kolom 70/70	B2	0.70	0.70	9.0	6.0	6.30	4.20
7	Kolom 70/70	C2	0.70	0.70	16.0	6.0	11.20	4.20
8	Kolom 70/70	D2	0.70	0.70	23.5	6.0	16.45	4.20
9	Kolom 70/70	E2	0.70	0.70	31.0	6.0	21.70	4.20
10	Kolom 70/70	B3	0.70	0.70	9.0	9.0	6.30	6.30
11	Kolom 70/70	C3	0.70	0.70	16.0	9.0	11.20	6.30
12	Kolom 70/70	D3	0.70	0.70	23.5	9.0	16.45	6.30
13	Kolom 70/70	E3	0.70	0.70	31.0	9.0	21.70	6.30
14	Kolom 70/70	A4	0.70	0.70	0.0	15.0	0.00	10.50
15	Kolom 70/70	B4	0.70	0.70	9.0	15.0	6.30	10.50
16	Kolom 70/70	C4	0.70	0.70	16.0	15.0	11.20	10.50
17	Kolom 70/70	D4	0.70	0.70	23.5	15.0	16.45	10.50
18	Kolom 70/70	E4	0.70	0.70	31.0	15.0	21.70	10.50
19	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.60	0.0	5.0	0.00	3.00
20	Kolom 50/50	A'1'	0.50	0.60	2.0	5.0	1.00	3.00
21	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.60	0.0	7.0	0.00	4.20
22	Kolom 50/50	A'2'	0.50	0.60	2.0	7.0	1.00	4.20
23	Kolom 50/50	A3	0.50	0.60	0.0	9.0	0.00	5.40
24	Kolom 50/50	A'3	0.50	0.60	2.0	9.0	1.00	5.40
			15.60	16.20			225.60	119.70
Pusat Kekakuan							Xa	Ya
							(m)	(m)
							14.46154	7.38889

LANTAI 0

No	Type	As	Dimensi Pelat		Luas	Jarak		X.A	Y.A	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy		
			Ly	Lx		(X)	(Y)															
			(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)													
1	Kolom 60/60	A'1	0.60	0.60	0.36	-2.0	-2.0	-0.72	-0.72	14.49	7.36	-14.27	-8.24	203.74	67.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2	Kolom 60/60	A'1	0.60	0.60	0.36	-4.0	-4.0	-1.44	-1.44			-16.27	-10.24	264.84	104.77						0.00	0.00
3	Kolom 60/60	B	0.60	0.60	0.36	9.0	-4.0	3.24	-1.44			-3.27	-10.24	10.72	104.77						0.00	0.00
4	Kolom 60/60	3	0.60	0.60	0.36	-4.0	9.0	-1.44	3.24			-16.27	2.76	264.84	7.64						0.00	0.00
5	Kolom 60/60	A1	0.60	0.60	0.36	0.0	0.0	0.00	0.00			-12.27	-6.24	150.65	38.88						0.00	0.00
6	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88						0.00	0.00
7	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88						0.00	0.00
8	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88						0.00	0.00
9	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			18.73	-6.24	350.67	38.88						0.00	0.00
10	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06						0.00	0.00
11	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06						0.00	0.00
12	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06						0.00	0.00
13	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			18.73	-0.24	350.67	0.06						0.00	0.00
14	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24			-3.27	2.76	10.72	7.64						0.00	0.00
15	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64						0.00	0.00
16	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24			11.23	2.76	126.03	7.64						0.00	0.00
17	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			18.73	2.76	350.67	7.64						0.00	0.00
18	Kolom 60/60	A4	0.60	0.60	0.36	0.0	15.0	0.00	5.40			-12.27	8.76	150.65	76.81						0.00	0.00
19	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81						0.00	0.00
20	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81						0.00	0.00
21	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81						0.00	0.00
22	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81						0.00	0.00
23	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53						0.00	0.00
24	Kolom 50/50	A'1	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53						0.00	0.00
25	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58						0.00	0.00
26	Kolom 50/50	A'2'	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58						0.00	0.00
27	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64						0.00	0.00
28	Kolom 50/50	A'3	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64						0.00	0.00
					7.98					115.62	58.74					29.43	27.34	3819.22	913.78			

LANTAI 1

No	Type	As	Dimensi Pelat		Luas (m ²)	Jarak		X.A (Kg.m)	Y.A (Kg.m)	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy
			Ly	Lx		(X)	(Y)													
			(m)	(m)		(m)	(m)													
1	Kolom 60/60	A'1	0.60	0.60	0.36	-2.0	-2.0	-0.72	-0.72			-14.27	-8.24	203.74	67.83				14.01	39.80
2	Kolom 60/60	A'1	0.60	0.60	0.36	-4.0	-4.0	-1.44	-1.44			-16.27	-10.24	264.84	104.77				10.38	39.78
3	Kolom 60/60	B	0.60	0.60	0.36	9.0	-4.0	3.24	-1.44			-3.27	-10.24	10.72	104.77				33.94	39.78
4	Kolom 60/60	3	0.60	0.60	0.36	-4.0	9.0	-1.44	3.24			-16.27	2.76	264.84	7.64				10.38	39.90
5	Kolom 60/60	A1	0.60	0.60	0.36	0.0	0.0	0.00	0.00			-12.27	-6.24	150.65	38.88				17.63	39.81
6	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88				33.94	39.81
7	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88				46.62	39.81
8	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88				60.21	39.81
9	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			18.73	-6.24	350.67	38.88				73.80	39.81
10	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06				33.94	39.87
11	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06				46.62	39.87
12	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06				60.21	39.87
13	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			18.73	-0.24	350.67	0.06				73.80	39.87
14	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24	12.27	6.24	-3.27	2.76	10.72	7.64	956.88	1655.61	34.72	33.94	39.90
15	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64				46.62	39.90
16	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24			11.23	2.76	126.03	7.64				60.21	39.90
17	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			18.73	2.76	350.67	7.64				73.80	39.90
18	Kolom 60/60	A4	0.60	0.60	0.36	0.0	15.0	0.00	5.40			-12.27	8.76	150.65	76.81				17.63	39.95
19	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81				33.94	39.95
20	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81				46.62	39.95
21	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81				60.21	39.95
22	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81				73.80	39.95
23	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53				17.63	39.86
24	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53				21.26	39.86
25	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58				17.63	39.88
26	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58				21.26	39.88
27	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64				17.63	39.90
28	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64				21.26	39.90
					9.42			115.62	58.74			-20.67	1.40	3819.22	913.78					

LANTAI 2

No	Type	As	Dimensi Pelat		Luas (m ²)	Jarak		X.A (m)	Y.A (m)	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy	
			Ly (m)	Lx (m)		(X) (m)	(Y) (m)														
						(Kg.m)	(Kg.m)														
1	Kolom 60/60	A'1	0.60	0.60	0.36	-2.0	-2.0	-0.72	-0.72			-14.27	-8.24	203.74	67.83					278.92	452.82
2	Kolom 60/60	A'1	0.60	0.60	0.36	-4.0	-4.0	-1.44	-1.44			-16.27	-10.24	264.84	104.77					253.70	451.33
3	Kolom 60/60	B	0.60	0.60	0.36	9.0	-4.0	3.24	-1.44			-3.27	-10.24	10.72	104.77					417.65	451.33
4	Kolom 60/60	3	0.60	0.60	0.36	-4.0	9.0	-1.44	3.24			-16.27	2.76	264.84	7.64					253.70	461.00
5	Kolom 60/60	A1	0.60	0.60	0.36	0.0	0.0	0.00	0.00			-12.27	-6.24	150.65	38.88					304.15	454.30
6	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88					417.65	454.30
7	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88					505.93	454.30
8	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88					600.52	454.30
9	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			18.73	-6.24	350.67	38.88					695.11	454.30
10	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06					417.65	458.76
11	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06					505.93	458.76
12	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06					600.52	458.76
13	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			18.73	-0.24	350.67	0.06					695.11	458.76
14	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24	12.27	6.24	-3.27	2.76	10.72	7.64	11014.57	11524.24	2840.11		417.65	461.00
15	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64					505.93	461.00
16	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24			11.23	2.76	126.03	7.64					600.52	461.00
17	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			18.73	2.76	350.67	7.64					695.11	461.00
18	Kolom 60/60	A4	0.60	0.60	0.36	0.0	15.0	0.00	5.40			-12.27	8.76	150.65	76.81					304.15	465.46
19	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81					417.65	465.46
20	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81					505.93	465.46
21	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81					600.52	465.46
22	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81					695.11	465.46
23	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53					304.15	458.02
24	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53					329.37	458.02
25	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58					304.15	459.51
26	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58					329.37	459.51
27	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64					304.15	461.00
28	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64					329.37	461.00
					9.42			115.62	58.74			-20.67	1.40	3819.22	913.78						

LANTAI 3

No	Type	As	Dimensi Pelat		Luas (m ²)	Jarak		X.A (Kg.m)	Y.A (Kg.m)	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy
			Ly	Lx		(X)	(Y)													
			(m)	(m)		(m)	(m)													
1	Kolom 60/60	A'1	0.60	0.60	0.36	-2.0	-2.0	-0.72	-0.72			-14.27	-8.24	203.74	67.83				595.47	988.81
2	Kolom 60/60	A'1	0.60	0.60	0.36	-4.0	-4.0	-1.44	-1.44			-16.27	-10.24	264.84	104.77				536.39	981.93
3	Kolom 60/60	B	0.60	0.60	0.36	9.0	-4.0	3.24	-1.44			-3.27	-10.24	10.72	104.77				920.41	981.93
4	Kolom 60/60	3	0.60	0.60	0.36	-4.0	9.0	-1.44	3.24			-16.27	2.76	264.84	7.64				536.39	1026.62
5	Kolom 60/60	A1	0.60	0.60	0.36	0.0	0.0	0.00	0.00			-12.27	-6.24	150.65	38.88				654.55	995.68
6	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88				920.41	995.68
7	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88				1127.19	995.68
8	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88				1348.73	995.68
9	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			18.73	-6.24	350.67	38.88				1570.28	995.68
10	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06				920.41	1016.31
11	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06				1127.19	1016.31
12	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06				1348.73	1016.31
13	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			18.73	-0.24	350.67	0.06				1570.28	1016.31
14	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24	12.27	6.24	-3.27	2.76	10.72	7.64	24410.82	26992.95	13128.5	920.41	1026.62
15	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64				1127.19	1026.62
16	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24			11.23	2.76	126.03	7.64				1348.73	1026.62
17	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			18.73	2.76	350.67	7.64				1570.28	1026.62
18	Kolom 60/60	A4	0.60	0.60	0.36	0.0	15.0	0.00	5.40			-12.27	8.76	150.65	76.81				654.55	1047.24
19	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81				920.41	1047.24
20	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81				1127.19	1047.24
21	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81				1348.73	1047.24
22	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81				1570.28	1047.24
23	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53				654.55	1012.87
24	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53				713.63	1012.87
25	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58				654.55	1019.74
26	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58				713.63	1019.74
27	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64				654.55	1026.62
28	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64				713.63	1026.62
					9.42				115.62	58.74			-20.67	1.40	3819.22	913.78				

LANTAI 4

No	Type	As	Dimensi Pelat		Luas (m ²)	Jarak		X.A (Kg.m)	Y.A (Kg.m)	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy		
			Ly	Lx		(X)	(Y)															
			(m)	(m)		(m)	(m)															
1	Kolom 60/60	A1	0.60	0.60	0.36	0.0	0.0	0.00	0.00			-12.27	-6.24	150.65	38.88					1134.74	1736.18	
2	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88					1595.63	1736.18	
3	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88					1954.10	1736.18	
4	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88					2338.18	1736.18	
5	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			18.73	-6.24	350.67	38.88					2722.26	1736.18	
6	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06					1595.63	1762.26	
7	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06					1954.10	1762.26	
8	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06					2338.18	1762.26	
9	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			18.73	-0.24	350.67	0.06					2722.26	1762.26	
10	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24			-3.27	2.76	10.72	7.64					1595.63	1775.30	
11	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64					1954.10	1775.30	
12	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24	14.53	7.41	11.23	2.76	126.03	7.64	42318.87	46795.30	16599.3		2338.18	1775.30	
13	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			18.73	2.76	350.67	7.64					2722.26	1775.30	
14	Kolom 60/60	A4	0.60	0.60	0.36	0.0	15.0	0.00	5.40			-12.27	8.76	150.65	76.81					1134.74	1801.38	
15	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81					1595.63	1801.38	
16	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81					1954.10	1801.38	
17	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81					2338.18	1801.38	
18	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81					2722.26	1801.38	
19	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53					1134.74	1757.92	
20	Kolom 50/50	A1''	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53					1237.16	1757.92	
21	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58					1134.74	1766.61	
22	Kolom 50/50	A2''	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58					1237.16	1766.61	
23	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64					1134.74	1775.30	
24	Kolom 50/50	A3'	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64					1237.16	1775.30	
			7.98			115.98			59.10				29.43		27.34		3075.08		628.78			

LANTAI 5

No	Type	As	Dimensi Pelat			Jarak		X.A	Y.A	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy		
			Ly	Lx	Luas	(X)	(Y)														X.A	Y.A
			(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)															
1	Kolom 60/60	A1	0.60	0.60	0.36	0.0	0.0	0.00	0.00			-12.27	-6.24	150.65	38.88				1561.94	2369.61		
2	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88				2186.95	2369.61		
3	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88				2673.07	2369.61		
4	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88				3193.92	2369.61		
5	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			18.73	-6.24	350.67	38.88				3714.76	2369.61		
6	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06				2186.95	2412.62		
7	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06				2673.07	2412.62		
8	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06				3193.92	2412.62		
9	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			18.73	-0.24	350.67	0.06				3714.76	2412.62		
10	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24			-3.27	2.76	10.72	7.64				2186.95	2434.12		
11	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64				2673.07	2434.12		
12	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24	14.53	7.41	11.23	2.76	126.03	7.64	57943.37	63458.67	27377.8	3193.92	2434.12		
13	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			18.73	2.76	350.67	7.64				3714.76	2434.12		
14	Kolom 60/60	A4	0.60	0.60	0.36	0.0	15.0	0.00	5.40			-12.27	8.76	150.65	76.81				1561.94	2477.13		
15	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81				2186.95	2477.13		
16	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81				2673.07	2477.13		
17	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81				3193.92	2477.13		
18	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81				3714.76	2477.13		
19	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53				1561.94	2405.45		
20	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53				1700.83	2405.45		
21	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58				1561.94	2419.79		
22	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58				1700.83	2419.79		
23	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64				1561.94	2434.12		
24	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64				1700.83	2434.12		
			7.98			115.98			59.10				29.43		27.34		3075.08		628.78			

LANTAI 6

No	Type	As	Dimensi Pelat		Luas (m ²)	Jarak		X.A (Kg.m)	Y.A (Kg.m)	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy
			Ly	Lx		(X)	(Y)													
			(m)	(m)		(m)	(m)													
1	Kolom 60/60	A1	0.60	0.60	0.36	0.0	0.0	0.00	0.00			-12.27	-6.24	150.65	38.88				1860.12	3084.69
2	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88				2782.16	3084.69
3	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88				3499.30	3084.69
4	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88				4267.66	3084.69
5	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			18.73	-6.24	350.67	38.88				5036.03	3084.69
6	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06				2782.16	3116.32
7	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06				3499.30	3116.32
8	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06				4267.66	3116.32
9	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			18.73	-0.24	350.67	0.06				5036.03	3116.32
10	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24			-3.27	2.76	10.72	7.64				2782.16	3132.13
11	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64				3499.30	3132.13
12	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24			11.23	2.76	126.03	7.64				4267.66	3132.13
13	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			18.73	2.76	350.67	7.64				5036.03	3132.13
14	Kolom 60/60	A4	0.60	0.60	0.36	0.0	15.0	0.00	5.40			-12.27	8.76	150.65	76.81				1860.12	3163.76
15	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81				2782.16	3163.76
16	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81				3499.30	3163.76
17	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81				4267.66	3163.76
18	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81				5036.03	3163.76
19	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53				1860.12	3111.05
20	Kolom 50/50	A1''	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53				2065.02	3111.05
21	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58				1860.12	3121.59
22	Kolom 50/50	A2''	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58				2065.02	3121.59
23	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64				1860.12	3132.13
24	Kolom 50/50	A3'	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64				2065.02	3132.13
					7.98			115.98	59.10			29.43	27.34	3075.08	628.78					

LANTAI ATAP





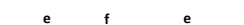
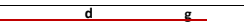




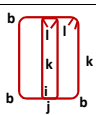
No	Type	As	Dimensi Pelat		Luas (m ²)	Jarak		X.A (Kg.m)	Y.A (Kg.m)	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy		
			Ly	Lx		(X)	(Y)															
			(m)	(m)		(m)	(m)															
1	Kolom 60/60	A1	0.60	0.60	0.36	0.0	0.0	0.00	0.00			-12.27	-6.24	150.65	38.88					1701.53	2721.93	
2	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88					2462.03	2721.93	
3	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88					3053.54	2721.93	
4	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88					3687.29	2721.93	
5	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			18.73	-6.24	350.67	38.88					4321.04	2721.93	
6	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06					2462.03	2738.04	
7	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06					3053.54	2738.04	
8	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06					3687.29	2738.04	
9	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			18.73	-0.24	350.67	0.06					4321.04	2738.04	
10	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24			-3.27	2.76	10.72	7.64					2462.03	2746.10	
11	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64					3053.54	2746.10	
12	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24	14.53	7.41	11.23	2.76	126.03	7.64	65728.25	77215.20	10257.7		3687.29	2746.10	
13	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			18.73	2.76	350.67	7.64					4321.04	2746.10	
14	Kolom 60/60	A4	0.60	0.60	0.36	0.0	15.0	0.00	5.40			-12.27	8.76	150.65	76.81					1701.53	2762.22	
15	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81					2462.03	2762.22	
16	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81					3053.54	2762.22	
17	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81					3687.29	2762.22	
18	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81					4321.04	2762.22	
19	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53					1701.53	2735.36	
20	Kolom 50/50	A1''	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53					1870.53	2735.36	
21	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58					1701.53	2740.73	
22	Kolom 50/50	A2''	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58					1870.53	2740.73	
23	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64					1701.53	2746.10	
24	Kolom 50/50	A3'	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64					1870.53	2746.10	
			7.98			115.98			59.10				29.43		27.34		3075.08		628.78			




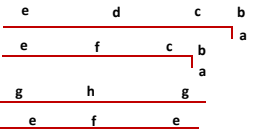
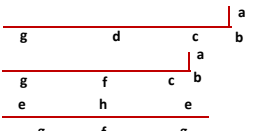

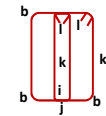
LANTAI ROOFTOP

No	Type	As	Dimensi Pelat			Jarak		X.A	Y.A	X.R	Y.R	x'	y'	x2	y2	Fi	Mx	My	Fx	Fy
			Ly	Lx	Luas	(X)	(Y)													
			(m)	(m)		(m)	(m)													
(m)	(m)	(m ²)	(kg.m)	(kg.m)																
2	Kolom 60/60	B1	0.60	0.60	0.36	9.0	0.0	3.24	0.00											
3	Kolom 60/60	C1	0.60	0.60	0.36	16.0	0.0	5.76	0.00			-3.27	-6.24	10.72	38.88				1109.34	1981.01
4	Kolom 60/60	D1	0.60	0.60	0.36	23.5	0.0	8.46	0.00			3.73	-6.24	13.88	38.88				2992.34	1981.01
5	Kolom 60/60	E1	0.60	0.60	0.36	31.0	0.0	11.16	0.00			11.23	-6.24	126.03	38.88				5009.84	1981.01
6	Kolom 60/60	B2	0.60	0.60	0.36	9.0	6.0	3.24	2.16			18.73	-6.24	350.67	38.88				7027.34	1981.01
7	Kolom 60/60	C2	0.60	0.60	0.36	16.0	6.0	5.76	2.16			-3.27	-0.24	10.72	0.06				1109.34	1989.68
8	Kolom 60/60	D2	0.60	0.60	0.36	23.5	6.0	8.46	2.16			3.73	-0.24	13.88	0.06				2992.34	1989.68
9	Kolom 60/60	E2	0.60	0.60	0.36	31.0	6.0	11.16	2.16			11.23	-0.24	126.03	0.06				5009.84	1989.68
10	Kolom 60/60	B3	0.60	0.60	0.36	9.0	9.0	3.24	3.24			18.73	-0.24	350.67	0.06				7027.34	1989.68
11	Kolom 60/60	C3	0.60	0.60	0.36	16.0	9.0	5.76	3.24			-3.27	2.76	10.72	7.64				1109.34	1994.01
12	Kolom 60/60	D3	0.60	0.60	0.36	23.5	9.0	8.46	3.24			3.73	2.76	13.88	7.64				2992.34	1994.01
13	Kolom 60/60	E3	0.60	0.60	0.36	31.0	9.0	11.16	3.24			11.23	2.76	126.03	7.64				5009.84	1994.01
14	Kolom 60/60	B4	0.60	0.60	0.36	9.0	15.0	3.24	5.40			18.73	2.76	350.67	7.64	47760.42	138018.81	4005.5	7027.34	1994.01
15	Kolom 60/60	C4	0.60	0.60	0.36	16.0	15.0	5.76	5.40			-3.27	8.76	10.72	76.81				1109.34	2002.67
16	Kolom 60/60	D4	0.60	0.60	0.36	23.5	15.0	8.46	5.40			3.73	8.76	13.88	76.81				2992.34	2002.67
17	Kolom 60/60	E4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			11.23	8.76	126.03	76.81				5009.84	2002.67
18	Kolom 60/60	F4	0.60	0.60	0.36	31.0	15.0	11.16	5.40			18.73	8.76	350.67	76.81				7027.34	2002.67
19	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	0.0	5.0	0.00	1.25			-12.27	-1.24	150.65	1.53				-1311.65	1988.23
20	Kolom 50/50	A1'	0.50	0.50	0.25	2.0	5.0	0.50	1.25			-10.27	-1.24	105.55	1.53				-773.65	1988.23
21	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	0.0	7.0	0.00	1.75			-12.27	0.76	150.65	0.58				-1311.65	1991.12
22	Kolom 50/50	A2'	0.50	0.50	0.25	2.0	7.0	0.50	1.75			-10.27	0.76	105.55	0.58				-773.65	1991.12
23	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	0.0	9.0	0.00	2.25			-12.27	2.76	150.65	7.64				-1311.65	1994.01
24	Kolom 50/50	A3	0.50	0.50	0.25	2.0	9.0	0.50	2.25			-10.27	2.76	105.55	7.64				-773.65	1994.01
			7.26			115.98			53.70		53.97		24.82		2773.78		513.08			

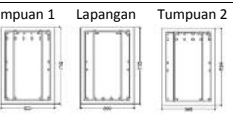
TABEL BESTAT TULANGAN PORTAL MEMANJANG

LANTAI 1																														
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan			Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)														Panjang Total (m)	Jumlah Total (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume					
								a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Berat Total (kg)	D10 (kg)				D16 (kg)	D22 (kg)				
1	As 1 A-B	BS	Tumpuan 1	Lapangan	Tumpuan 2																									
	Bentang Balok		9000																											
	Dimensi Balok		500	750																										
	Panjang Tulangan		2250	4500	2250																									
	Tulangan Atas		8D22	4D22	8D22																									
	Tulangan Tengah		4D16	4D16	4D16																									
	Tulangan Bawah		4D22	4D22	4D22																									
	Sengkang		Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100																									
	Panjang Penyaluran Tarik		800mm																											
	Panjang Penyaluran Tekan		500mm																											
	a. Tulangan Atas					2	D22	264	88	448	9000	800									10.60	2	2.984	31.630				63.261		
						6	D22	264	88	448		800	2250									3.85	6	2.984	11.488				68.930	
						2	D22							1000	4500							5.50	2	2.984	16.412				32.824	
						6	D22				1600	2250										3.85	6	2.984	11.488				68.930	
	b. Tulangan Bawah					2	D22	264	88	148	9000			500								10.00	2	2.984	29.840				59.680	
						2	D22	264	88	148			2250	500								3.25	2	2.984	9.698				19.396	
						2	D22				1600				4500															
						2	D22					2250	1000									3.25	2	2.984	9.698				19.396	
	c. Tulangan Tengah					4	D16	192		608	9000	800										10.60	4	1.578	16.727			66.907		
	d. Sengkang					22	D10		200					120	880	2760	240	4.20	22	0.627	2.633						57.935			
						30	D10		200					120	880	2760	240	4.20	30	0.627	2.633					79.002				
						22	D10		200					120	880	2760	240	4.20	22	0.627	2.633					57.935				
																						194.8716	66.9072	332.4176						
																						Σ Vol Tul		66.022	Kg					
																						Σ Vol Bet		0.375	m³					
																						Σ Vol Tul		176.058		Kg/m³				

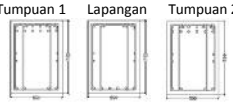
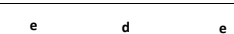

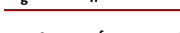
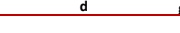
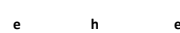


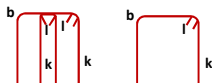

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Jumlah	Berat	Volume				
				Tulangan (bh)	Tulangan (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total (m)	Total (bh)	Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	D10 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)			
2	As 1 B-C	BS	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2  Bentang Balok 7000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1750 3500 1750 Tulangan Atas 8D22 4D22 8D22 Tulangan Tengah 4D16 4D16 4D16 Tulangan Bawah 4D22 4D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm			a	12db	panjang tekuk																			
						b	4db	tekuan																			
						c		sisa panjang penyaluran tarik																			
						d		panjang bentang balok																			
						e		panjang penyaluran tarik																			
						f		panjang tulangan tarik																			
						g		panjang penyaluran tekan																			
						h		panjang tulangan tekan																			
						i		5x4db sengkang																			
						j		b sengkang																			
						k		h sengkang																			
						l		6db panjang tekuk																			
						a.Tulangan Atas		2	D22				7000	1600							8.60	2	2.984	25.662			51.325
								6	D22					1600	1750						3.35	6	2.984	9.996			59.978
								2	D22							1000	3500				4.50	2	2.984	13.428			26.856
								6	D22					1600	1750						3.35	6	2.984	9.996			59.978
						b.Tulangan Bawah		2	D22				7000			1000					8.00	2	2.984	23.872			47.744
								2	D22						1750	1000					2.75	2	2.984	8.206			16.412
								2	D22					1600			3500				5.10	2	2.984	15.218			30.437
								2	D22						1750	1000					2.75	2	2.984	8.206			16.412
						c.Tulangan Tengah		4	D16		192	608	7000	800							8.60	4	1.578	13.571		54.283	
						d.Sengkang		17	D10		200					120	880	2760	240	4.20	17	0.627	2.633	44.768			
								23	D10		200					120	880	2760	240	4.20	23	0.627	2.633	61.446			
				17	D10		200					120	880	2760	240	4.20	17	0.627	2.633	44.768							
																				150.9816	54.2832	309.1424					
																				Σ Vol Tul	57.156		Kg				
																				Σ Vol Bet	0.375		m ³				
																					152.417		Kg/m ³				

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Jumlah	Berat	Volume					
				Tulangan (bh)	Tulangan (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total (m)	Total (bh)	Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	D10 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)				
4	As 1 D-E	BS	Tumpuan 1  Lapangan  Tumpuan 2 																									
				Bentang Balok 7500 Dimensi Balok 500 Panjang Tulangan 1875 3750 1875 Tulangan Atas 8D22 4D22 8D22 Tulangan Tengah 4D16 4D16 4D16 Tulangan Bawah 4D22 4D22 4D22 Sengkang ϕ 10-100 ϕ 10-150 ϕ 10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm																								
					a 12db panjang tekuk																							
					b 4db tekuan																							
					c sisa panjang penyaluran tarik																							
					d panjang bentang balok																							
					e panjang penyaluran tarik																							
					f panjang tulangan tarik																							
					g panjang penyaluran tekan																							
					h panjang tulangan tekan																							
					i 5x4db sengkang																							
					j b sengkang																							
					k h sengkang																							
					l 6db panjang tekuk																							
					a.Tulangan Atas		2	D22	264	88	448	7500	800									9.10	2	2.984	27.154			54.309
					b.Tulangan Bawah		2	D22	264	88	148	7500			500							8.50	2	2.984	25.364			50.728
					c.Tulangan Tengah		4	D16	192		608	7500	800									9.10	4	1.578	14.360		57.439	
					d.Sengkang		18	D10		200						120	880	2760	240	4.20	18	0.627	2.633	48.060				
							25	D10		200						120	880	2760	240	4.20	25	0.627	2.633	65.835				
							18	D10		200						120	880	2760	240	4.20	18	0.627	2.633	48.060				


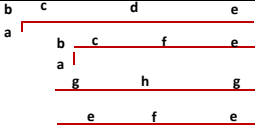
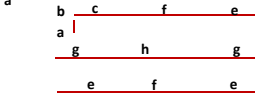
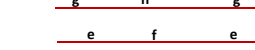

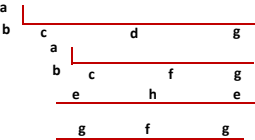
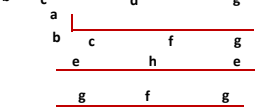
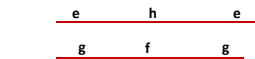


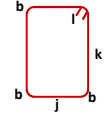
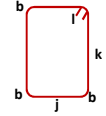
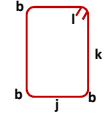
			161.9541	57.4392	324.0624
Σ Vol Tul	60.384	Kg			
Σ Vol Bet	0.375	m ³			
	161.024	Kg/m ³			

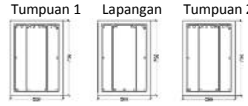
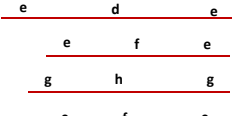
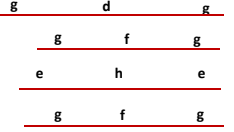
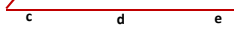
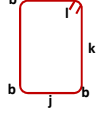
LANTAI 2																								
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan											Panjang	Jumlah	Berat	Volume				
				Tulangan (bh)	Tulangan (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total (m)	Total (bh)	Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	D12 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)
1	As 1 A-B	Bl 1	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2																					
			 Bentang Balok 9000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 2250 4500 2250 Tulangan Atas 6D22+6D22 3D22 6D22+6D22 Tulangan Tengah 4D16 4D16 4D16 Tulangan Bawah 4D22 6D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm				a 12db panjang tekuk	b 4db tekuan	c sisa panjang penyaluran tarik	d panjang bentang balok	e panjang penyaluran tarik	f panjang tulangan tarik	g panjang penyaluran tekan	h panjang tulangan tekan	i 5x4db sengkang	j b sengkang	k h sengkang	l 6db panjang tekuk						
			a.Tulangan Atas	2	D22	264	88	448	9000	800								10.60	2	2.984	31.630		63.261	
			b.Tulangan Bawah	2	D22	264	88	148	9000			500						10.00	2	2.984	29.840		59.680	
			c.Tulangan Tengah	4	D16	192		608	9000	800								10.60	4	1.578	16.727		66.907	
			d.Sengkang	22	D12		240							144	880	2760	288	4.31	22	0.8878	3.828	84.220		
				30	D12		144							880	1380	144	2.55	30	0.8878	2.262	67.863			
				22	D12		240						144	880	2760	288	4.31	22	0.8878	3.828	84.220			
																					236.304	66.9072	480.7224	
																					∑ Vol Tul	87.104	Kg	
																					∑ Vol Bet	0.375	m³	
																						232.277	Kg/m³	

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Jumlah	Berat	Volume						
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22					
				(bh)	(mm)	(mm)														(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)				
2	As 1 B-C	BI 1	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2 Bentang Balok 7000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1750 3500 1750 Tulangan Atas 6D22+6D22 3D22 6D22+6D22 Tulangan Tengah 4D16 4D16 4D16 Tulangan Bawah 4D22 6D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm			a 12db panjang tekuk	b 4db tekuan	c sisa panjang penyaluran tarik	d panjang bentang balok	e panjang penyaluran tarik	f panjang tulangan tarik	g panjang penyaluran tekan	h panjang tulangan tekan	i 5x4db sengkang	j b sengkang	k h sengkang	l 6db panjang tekuk												
a. Tulangan Atas				2	D22					7000	1600										8.60	2	2.984	25.662			51.325		
				10	D22						1600	1750									3.35	10	2.984	9.996			99.964		
				1	D22								1000	3500							4.50	1	2.984	13.428			13.428		
				10	D22					1600	1750										3.35	10	2.984	9.996			99.964		
				b. Tulangan Bawah				2	D22					7000			1000					8.00	2	2.984	23.872			47.744	
				b. Tulangan Bawah				2	D22						1750	1000						2.75	2	2.984	8.206			16.412	
				b. Tulangan Bawah				4	D22					1600			3500					5.10	4	2.984	15.218			60.874	
				b. Tulangan Bawah				2	D22						1750	1000						2.75	2	2.984	8.206			16.412	
				c. Tulangan Tengah				4	D16	192		608	7000	800								8.60	4	1.578	13.571			54.283	
				d. Sengkang				17	D12		240							144	880	2760	288	4.31	17	0.8878	3.828	65.079			
				d. Sengkang				23	D12		144							880	1380	144	2.55	23	0.8878	2.262	52.783				
				d. Sengkang				17	D12		240							144	880	2760	288	4.31	17	0.8878	3.828	65.079			
																						182.9413	54.2832	406.1224					
																				Σ Vol Tul		71.483		Kg					
																				Σ Vol Bet		0.375		m ³					
																						190.621		Kg/m ³					

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Jumlah	Berat	Volume								
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22							
				(bh)	(mm)	(mm)														(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)						
3	As 1 C-D	BI 1	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2  Bentang Balok 7500 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1875 3750 1875 Tulangan Atas 6D22+6D22 3D22 6D22+6D22 Tulangan Tengah 4D16 4D16 4D16 Tulangan Bawah 4D22 6D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l				D12	D16	D22								
						a	12db panjang tekuk 4db tekuan sisa panjang penyaluran tarik panjang bentang balok panjang penyaluran tarik panjang tulangan tarik panjang penyaluran tekan panjang tulangan tekan 5x4db sengkang b sengkang h sengkang 6db panjang tekuk																								
a. Tulangan Atas						2	D22				7500	1600											9.10	2	2.984	27.154			54.309		
						10	D22					1600	1875										3.48	10	2.984	10.369			103.694		
						1	D22								1000	3750								4.75	1	2.984	14.174			14.174	
						10	D22					1600	1875											3.48	10	2.984	10.369			103.694	
b. Tulangan Bawah						2	D22				7500					1000						8.50	2	2.984	25.364			50.728			
						2	D22							1875	1000									2.88	2	2.984	8.579			17.158	
						4	D22					1600				3750								5.35	4	2.984	15.964			63.858	
						2	D22							1875	1000									2.88	2	2.984	8.579			17.158	
c. Tulangan Tengah						4	D16	192		608	7500	800											9.10	4	1.578	14.360			57.439		
																															
d. Sengkang						18	D12		240								144	880	2760	288	4.31	18	0.8878	3.828	69.865						
						25	D12		144										880	1380	144	2.55	25	0.8878	2.262	56.553					
						18	D12		240								144	880	2760	288	4.31	18	0.8878	3.828	69.865						
																							196.2819		57.4392		424.7724				
																				Σ Vol Tul			75.388	Kg							
																				Σ Vol Bet			0.375	m ³							
																							201.035	Kg/m ³							




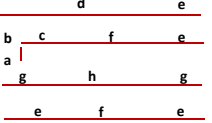
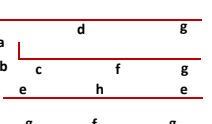
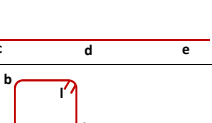


LANTAI 3

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan												Panjang	Jumlah	Berat	Volume				
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22	
				(bh)	(mm)	(mm)												(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
1	As 1 A-B	Bl 2	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2 																						
			Bentang Balok 9000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 2250 4500 2250 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm																						
				2	D22	264	88	448	9000	800									10.60	2	2.984	31.630			63.261
				6	D22	264	88	448		800	2250								3.85	6	2.984	11.488			68.930
				0	D22							1000	4500						5.50	0	2.984	16.412			0.000
				6	D22					1600	2250								3.85	6	2.984	11.488			68.930
				2	D22	264	88	148	9000			500							10.00	2	2.984	29.840			59.680
				2	D22	264	88	148			2250	500							3.25	2	2.984	9.698			19.396
				3	D22					1600			4500						6.10	3	2.984	18.202			54.607
				2	D22						2250	1000							3.25	2	2.984	9.698			19.396
				2	D16	192		608	9000	800									10.60	2	1.578	16.727			33.454
				22	D12		144							880	1380	144	2.55	22	0.8878	2.262	49.767				
				30	D12		144							880	1380	144	2.55	30	0.8878	2.262	67.863				
				22	D12		144							880	1380	144	2.55	22	0.8878	2.262	49.767				
																						167.3965	33.4536	354.2008	
																						Σ Vol Tul	61.672	Kg	
																						Σ Vol Bet	0.375	m³	
																								164.460	Kg/m³




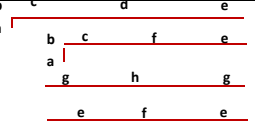
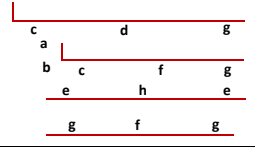
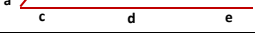
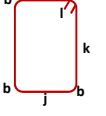
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan													Panjang	Jumlah	Berat	Volume			
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22	
				(bh)	(mm)	(mm)													(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	
2	As 1 B-C	BI 2	<p>Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2</p>  <p>Bentang Balok 7000</p> <p>Dimensi Balok 500 750</p> <p>Panjang Tulangan 1750 3500 1750</p> <p>Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22</p> <p>Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16</p> <p>Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22</p> <p>Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100</p> <p>Panjang Penyaluran Tarik 800mm</p> <p>Panjang Penyaluran Tekan 500mm</p> <p>a.Tulangan Atas</p>  <p>b.Tulangan Bawah</p>  <p>c.Tulangan Tengah</p>  <p>d.Sengkang</p>  <p>a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk</p>	2	D22				7000	1600									8.60	2	2.984	25.662			51.325
				6	D22					1600	1750						3.35	6	2.984	9.996			59.978		
				0	D22							1000	3500				4.50	0	2.984	13.428			0.000		
				6	D22					1600	1750						3.35	6	2.984	9.996			59.978		
				2	D22					7000			1000				8.00	2	2.984	23.872			47.744		
				2	D22							1750	1000				2.75	2	2.984	8.206			16.412		
				3	D22					1600			3500				5.10	3	2.984	15.218			45.655		
				2	D22							1750	1000				2.75	2	2.984	8.206			16.412		
				2	D16	192		608	7000	800							8.60	2	1.578	13.571			27.142		
				17	D12		144							880	1380	144	2.55	17	0.8878	2.262	38.456				
				23	D12		144							880	1380	144	2.55	23	0.8878	2.262	52.783				
				17	D12		144							880	1380	144	2.55	17	0.8878	2.262	38.456				
																					129.6946	27.1416	297.5048		
																					Σ Vol Tul	50.482	Kg		
																					Σ Vol Bet	0.375	m ³		
																						134.620	Kg/m ³		

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan			Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)														Panjang Total (m)		Jumlah Total (bh)		Berat Total (kg)		Volume (kg)		
								a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22				
																						(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		
4	As 1 D-E	BI 2	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2 					a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22				
			Bentang Balok 7500 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1875 3750 1875 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm	a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk																										
			a.Tulangan Atas		2 D22	264	88	448	7500	800										9.10	2	2.984	27.154			54.309				
			b.Tulangan Bawah		2 D22	264	88	148	7500		500									8.50	2	2.984	25.364			50.728				
			c.Tulangan Tengah		2 D16	192		608	7500	800										9.10	2	1.578	14.360		28.720					
			d.Sengkang		18 D12		144										880	1380	144	2.55	18	0.8878	2.262	41.284						
							25 D12		144								880	1380	144	2.55	25	0.8878	2.262	56.553						
							18 D12		144								880	1380	144	2.55	18	0.8878	2.262	41.284						
																								575.3311	118.0344	1275.063				
																								Σ Vol Tul	1968.428696	Kg				
																								Σ Vol Bet	11.625	m ³				
																									169.3271996	Kg/m ³				

LANTAI 4

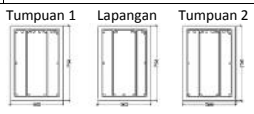
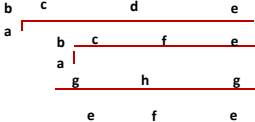
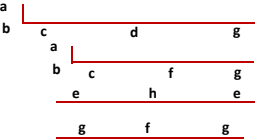
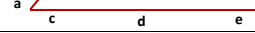
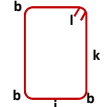
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Jumlah	Berat	Volume			
				Tulangan (bh)	Tulangan (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total (m)	Total (bh)	Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	D12 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)		
1	As 1 A-B	Bl 2	Tumpuan 1  Lapangan  Tumpuan 2  Bentang Balok 9000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 2250 4500 2250 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang \varnothing 10-100 \varnothing 10-150 \varnothing 10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm																							
				2	D22	264	88	448	9000	800									10.60	2	2.984	31.630			63.261	
				6	D22	264	88	448		800	2250								3.85	6	2.984	11.488			68.930	
				0	D22							1000	4500					5.50	0	2.984	16.412			0.000		
				6	D22					1600	2250							3.85	6	2.984	11.488			68.930		
				2	D22	264	88	148	9000			500							10.00	2	2.984	29.840			59.680	
				2	D22	264	88	148		2250	500							3.25	2	2.984	9.698			19.396		
				3	D22					1600		4500						6.10	3	2.984	18.202			54.607		
				2	D22					2250	1000							3.25	2	2.984	9.698			19.396		
				2	D16	192		608	9000	800									10.60	2	1.578	16.727		33.454		
				22	D12		144								880	1380	144	2.55	22	0.8878	2.262	49.767				
				30	D12		144							880	1380	144	2.55	30	0.8878	2.262	67.863					
				22	D12		144							880	1380	144	2.55	22	0.8878	2.262	49.767					
																							167.3965	33.4536	354.2008	
																							Σ Vol Tul	61.672	Kg	
																							Σ Vol Bet	0.375	m ³	
																								164.460	Kg/m ³	

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)														Panjang Total (m)	Jumlah Total (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume			
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Berat Total (kg)	D12 (kg)				D16 (kg)	D22 (kg)		
4	As 1 D-E	BI 2	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2 Bentang Balok 7500 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1875 3750 1875 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm a. Tulangan Atas b. Tulangan Bawah c. Tulangan Tengah d. Sengkang a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk																							
				2 D22	264	88	448	7500	800										9.10	2	2.984	27.154			54.309	
				6 D22	264	88	448		800	1875									3.48	6	2.984	10.369			62.216	
				0 D22								1000	3750						4.75	0	2.984	14.174			0.000	
				6 D22					1600	1875									3.48	6	2.984	10.369			62.216	
				2 D22	264	88	148	7500				500							8.50	2	2.984	25.364			50.728	
				2 D22	264	88	148			1875	500								2.88	2	2.984	8.579			17.158	
				3 D22					1600				3750						5.35	3	2.984	15.964			47.893	
				2 D22						1875	1000								2.88	2	2.984	8.579			17.158	
				2 D16	192		608	7500	800										9.10	2	1.578	14.360		28.720		
				18 D12			144							880	1380	144	2.55	18	0.8878	2.262		41.284				
				25 D12			144							880	1380	144	2.55	25	0.8878	2.262		56.553				
				18 D12			144							880	1380	144	2.55	18	0.8878	2.262		41.284				
																						575.3311	118.0344	1275.063		
																						Σ Vol Tul	1968.428696		Kg	
																						Σ Vol Bet	11.625		m ³	
																							169.3271996		Kg/m ³	

LANTAI 5																										
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan											Panjang	Jumlah	Berat	Volume						
				Tulangan (bh)	Tulangan (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total (m)	Total (bh)	Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	D12 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)		
1	As 1 A-B	Bl 2	Tumpuan 1  Lapangan  Tumpuan 2 																							
	Bentang Balok		9000																							
	Dimensi Balok		500	750																						
	Panjang Tulangan		2250	4500	2250																					
	Tulangan Atas		8D22	2D22	8D22																					
	Tulangan Tengah		2D16	2D16	2D16																					
	Tulangan Bawah		4D22	5D22	4D22																					
	Sengkang		Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100																					
	Panjang Penyaluran Tarik			800mm																						
	Panjang Penyaluran Tekan			500mm																						
	a. Tulangan Atas					2	D22	264	88	448	9000	800								10.60	2	2.984	31.630			63.261
						6	D22	264	88	448		800	2250							3.85	6	2.984	11.488			68.930
						0	D22							1000	4500					5.50	0	2.984	16.412			0.000
						6	D22					1600	2250							3.85	6	2.984	11.488			68.930
	b. Tulangan Bawah					2	D22	264	88	148	9000			500						10.00	2	2.984	29.840			59.680
						2	D22	264	88	148			2250	500						3.25	2	2.984	9.698			19.396
						3	D22					1600			4500					6.10	3	2.984	18.202			54.607
						2	D22						2250	1000						3.25	2	2.984	9.698			19.396
	c. Tulangan Tengah					2	D16	192		608	9000	800								10.60	2	1.578	16.727		33.454	
	d. Sengkang					22	D12		144						880	1380	144	2.55	22	0.8878	2.262	49.767				
						30	D12		144						880	1380	144	2.55	30	0.8878	2.262	67.863				
						22	D12		144						880	1380	144	2.55	22	0.8878	2.262	49.767				
																			167.3965	33.4536	354.2008					
																			∑ Vol Tul	61.672	Kg					
																			∑ Vol Bet	0.375	m³					
																			164.460	Kg/m³						




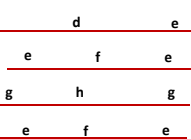
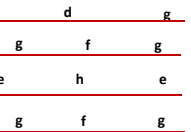
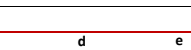
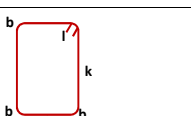
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan												Panjang	Jumlah	Berat	Volume				
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22	
				(bh)	(mm)	(mm)												(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
2	As 1 B-C	BI 2	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Tumpuan 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Lapangan</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Tumpuan 2</p> </div> </div> <p> Bentang Balok 7000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1750 3500 1750 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang \varnothing10-100 \varnothing10-150 \varnothing10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm </p> <p> a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk </p>																						
a.Tulangan Atas				2	D22				7000	1600									8.60	2	2.984	25.662			51.325
				6	D22					1600	1750								3.35	6	2.984	9.996			59.978
				0	D22							1000	3500						4.50	0	2.984	13.428			0.000
				6	D22					1600	1750								3.35	6	2.984	9.996			59.978
b.Tulangan Bawah				2	D22				7000			1000							8.00	2	2.984	23.872			47.744
				2	D22						1750	1000							2.75	2	2.984	8.206			16.412
				3	D22					1600		3500							5.10	3	2.984	15.218			45.655
				2	D22						1750	1000							2.75	2	2.984	8.206			16.412
c.Tulangan Tengah				2	D16	192		608	7000	800									8.60	2	1.578	13.571			27.142
d.Sengkang				17	D12		144							880	1380	144	2.55	17	0.8878	2.262	38.456				
				23	D12		144							880	1380	144	2.55	23	0.8878	2.262	52.783				
				17	D12		144							880	1380	144	2.55	17	0.8878	2.262	38.456				
																		129.6946					27.1416		297.5048
																		Σ Vol Tul			50.482	Kg			
																		Σ Vol Bet			0.375	m ³			
																					134.620	Kg/m ³			

LANTAI 6

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)											Panjang Total (m)	Jumlah Total (bh)	Berat Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	Volume (kg)		
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k					l	D12	D16
1	As 1 A-B	Bl 2	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2 			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l						
			Bentang Balok	9000		a	12db	panjang tekuk															
			Dimensi Balok	500		b	4db	tekuan															
			Panjang Tulangan	2250	4500	c		sisa panjang penyaluran tarik															
			Tulangan Atas	8D22	2D22	d		panjang bentang balok															
			Tulangan Tengah	2D16	2D16	e		panjang penyaluran tarik															
			Tulangan Bawah	4D22	5D22	f		panjang tulangan tarik															
			Sengkang	Ø10-100	Ø10-150	g		panjang penyaluran tekan															
			Panjang Penyaluran Tarik		800mm	h		panjang tulangan tekan															
			Panjang Penyaluran Tekan		500mm	i		5x4db sengkang															
						j		b sengkang															
						k		h sengkang															
						l		6db panjang tekuk															
a.Tulangan Atas			2 D22	264	88	448	9000	800									10.60	2	2.984	31.630		63.261	
b.Tulangan Bawah			2 D22	264	88	148	9000			1600	2250						3.85	6	2.984	11.488		68.930	
c.Tulangan Tengah			0 D22								1000	4500					5.50	0	2.984	16.412		0.000	
			6 D22														3.85	6	2.984	11.488		68.930	
			2 D22	264	88	148					500						10.00	2	2.984	29.840		59.680	
			2 D22	264	88					2250	500						3.25	2	2.984	9.698		19.396	
			3 D22						1600			4500					6.10	3	2.984	18.202		54.607	
			2 D22							2250	1000						3.25	2	2.984	9.698		19.396	
			2 D16	192		608	9000	800									10.60	2	1.578	16.727		33.454	
d.Sengkang			22 D12		144									880	1380	144	2.55	22	0.8878	2.262	49.767		
			30 D12		144									880	1380	144	2.55	30	0.8878	2.262	67.863		
			22 D12		144									880	1380	144	2.55	22	0.8878	2.262	49.767		




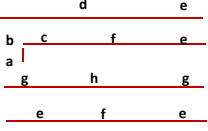
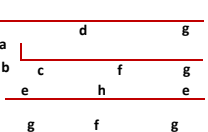
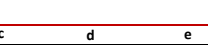
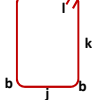
	167.3965	33.4536	354.2008
Σ Vol Tul	61.672	kg	
Σ Vol Bet	0.375	m ³	
	164.460	kg/m ³	



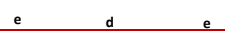



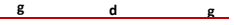



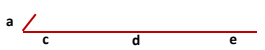
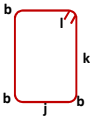
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)														Panjang Total (m)	Jumlah Total (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume								
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Berat Total (kg)	D12 (kg)				D16 (kg)	D22 (kg)							
						(mm)																									
4	As 1 D-E	BI 2	<p>Bentang Balok 7500 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1875 3750 1875 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm</p>			a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk																									
a.Tulangan Atas				2	D22	264	88	448	7500	800									9.10	2	2.984	27.154			54.309						
				6	D22	264	88	448		800	1875								3.48	6	2.984	10.369			62.216						
				0	D22									1000	3750				4.75	0	2.984	14.174			0.000						
				6	D22					1600	1875								3.48	6	2.984	10.369			62.216						
b.Tulangan Bawah				2	D22	264	88	148	7500				500					8.50	2	2.984	25.364			50.728							
				2	D22	264	88	148			1875	500							2.88	2	2.984	8.579			17.158						
				3	D22					1600				3750					5.35	3	2.984	15.964			47.893						
				2	D22						1875	1000							2.88	2	2.984	8.579			17.158						
c.Tulangan Tengah				2	D16	192		608	7500	800								9.10	2	1.578	14.360		28.720								
d.Sengkang				18	D12		144							880	1380	144	2.55	18	0.8878	2.262	41.284										
				25	D12		144							880	1380	144	2.55	25	0.8878	2.262	56.553										
				18	D12		144						880	1380	144	2.55	18	0.8878	2.262	41.284											
																											139.12	28.7196	311.6788		
																												Σ Vol Tul	53.280	Kg	
																												Σ Vol Bet	0.375	m ³	
																														142.080	Kg/m ³

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Jumlah	Berat	Volume						
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22					
				(bh)	(mm)	(mm)														(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)				
2	As 1 B-C	BI 3	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Tumpuan 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Lapangan</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Tumpuan 2</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> <p>Bentang Balok 7000</p> <p>Dimensi Balok 500 750</p> <p>Panjang Tulangan 1750 3500 1750</p> <p>Tulangan Atas 6D22 2D22 6D22</p> <p>Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16</p> <p>Tulangan Bawah 2D22 3D22 2D22</p> <p>Sengkang \emptyset10-100 \emptyset10-150 \emptyset10-100</p> <p>Panjang Penyaluran Tarik 800mm</p> <p>Panjang Penyaluran Tekan 500mm</p> </div> <div style="width: 55%;"> <p>a 12db panjang tekuk</p> <p>b 4db tekuan</p> <p>c sisa panjang penyaluran tarik</p> <p>d panjang bentang balok</p> <p>e panjang penyaluran tarik</p> <p>f panjang tulangan tarik</p> <p>g panjang penyaluran tekan</p> <p>h panjang tulangan tekan</p> <p>i 5x4db sengkang</p> <p>j b sengkang</p> <p>k h sengkang</p> <p>l 6db panjang tekuk</p> </div> </div>																										
				a.Tulangan Atas		2 D22					7000	1600									8.60	2	2.984	25.662			51.325		
						4 D22						1600	1750								3.35	4	2.984	9.996			39.986		
						0 D22								1000	3500						4.50	0	2.984	13.428			0.000		
						4 D22						1600	1750								3.35	4	2.984	9.996			39.986		
				b.Tulangan Bawah		2 D22					7000				1000						8.00	2	2.984	23.872			47.744		
						0 D22							1750	1000							2.75	0	2.984	8.206			0.000		
						1 D22						1600			3500						5.10	1	2.984	15.218			15.218		
						0 D22							1750	1000							2.75	0	2.984	8.206			0.000		
				c.Tulangan Tengah		2 D16	192		608	7000	800										8.60	2	1.578	13.571		27.142			
																													
				d.Sengkang		17 D12			144									880	1380	144	2.55	17	0.8878	2.262	38.456				
						23 D12			144									880	1380	144	2.55	23	0.8878	2.262	52.783				
						17 D12			144									880	1380	144	2.55	17	0.8878	2.262	38.456				
																											129.6946	27.1416	194.2584
																											Σ Vol Tul	39.011	Kg
																											Σ Vol Bet	0.375	m ³
																											104.028	Kg/m ³	

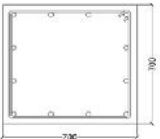
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)											Panjang Total (m)	Jumlah Total (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume					
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k				l	Berat Total (kg)	D12 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)	
3	As 1 C-D	BI 3	<p>Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2</p> <p>Bentang Balok: 7500 Dimensi Balok: 500 750 Panjang Tulangan: 1875 3750 1875 Tulangan Atas: 6D22 2D22 6D22 Tulangan Tengah: 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah: 2D22 3D22 2D22 Sengkang: Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100</p> <p>Panjang Penyaluran Tarik: 800mm Panjang Penyaluran Tekan: 500mm</p> <p>a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk</p>																						
			a. Tulangan Atas	2	D22					7500	1600								9.10	2	2.984	27.154			54.309
				4	D22					1600	1875								3.48	4	2.984	10.369			41.478
				0	D22								1000	3750					4.75	0	2.984	14.174			0.000
				4	D22					1600	1875								3.48	4	2.984	10.369			41.478
			b. Tulangan Bawah	2	D22					7500			1000						8.50	2	2.984	25.364			50.728
				0	D22						1875	1000							2.88	0	2.984	8.579			0.000
				1	D22					1600			3750						5.35	1	2.984	15.964			15.964
				0	D22						1875	1000							2.88	0	2.984	8.579			0.000
			c. Tulangan Tengah	2	D16	192		608	7500	800									9.10	2	1.578	14.360			28.720
			d. Sengkang	18	D12		144							880	1380	144		2.55	18	0.8878	2.262	41.284			
				25	D12		144							880	1380	144		2.55	25	0.8878	2.262	56.553			
				18	D12		144							880	1380	144		2.55	18	0.8878	2.262	41.284			
																		139.12	28.7196	203.9564					
																		Σ Vol Tul	41.311	Kg					
																		Σ Vol Bet	0.375	m ³					
																			110.162	Kg/m ³					

LANTAI ROOFTOP

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Jumlah	Berat	Volume			
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Total	Besi	Berat Total	D12	D16	D22		
				(bh)	(mm)	(mm)														(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
1	As 1 A-B	BI 3	Tumpuan 1  Lapangan  Tumpuan 2 			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l									
			Bentang Balok 9000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 2250 4500 2250 Tulangan Atas 6D22 2D22 6D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 2D22 3D22 2D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm			12db panjang tekuk	4db tekuan	sisa panjang penyaluran tarik	panjang bentang balok	panjang penyaluran tarik	panjang tulangan tarik	panjang penyaluran tekan	panjang tulangan tekan	5x4db sengkang	b sengkang	h sengkang	6db panjang tekuk									
			a. Tulangan Atas 	2	D22	264	88	448	9000	800									10.60	2	2.984	31.630		63.261		
				4	D22	264	88	448		800	2250								3.85	4	2.984	11.488		45.954		
				0	D22							1000	4500						5.50	0	2.984	16.412		0.000		
				4	D22					1600	2250								3.85	4	2.984	11.488		45.954		
			b. Tulangan Bawah 	2	D22	264	88	148	9000			500							10.00	2	2.984	29.840		59.680		
				0	D22	264	88	148		2250	500								3.25	0	2.984	9.698		0.000		
				1	D22					1600			4500						6.10	1	2.984	18.202		18.202		
				0	D22					2250	1000								3.25	0	2.984	9.698		0.000		
			c. Tulangan Tengah 	2	D16	192		608	9000	800										10.60	2	1.578	16.727		33.454	
			d. Sengkang 	22	D12		144								880	1380	144		2.55	22	0.8878	2.262	49.767			
				30	D12		144							880	1380	144		2.55	30	0.8878	2.262	67.863				
				22	D12		144							880	1380	144		2.55	22	0.8878	2.262	49.767				
																						167.3965	33.4536	233.0504		
																						Σ Vol Tul	48.211	Kg		
																						Σ Vol Bet	0.375	m ³		
																							128.563	Kg/m ³		

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang Total (m)	Jumlah Total (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume																						
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	j				k	l	Berat Total (kg)	D12 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)																	
3	As 1 C-D	BI 3	Tumpuan 1 	Lapangan	Tumpuan 2																																				
																																									
			Bentang Balok	7500																																					
			Dimensi Balok	500	750																																				
			Panjang Tulangan	1875	3750	1875																																			
			Tulangan Atas	6D22	2D22	6D22																																			
			Tulangan Tengah	2D16	2D16	2D16																																			
			Tulangan Bawah	2D22	3D22	2D22																																			
			Sengkang	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100																																			
			Panjang Penyaluran Tarik		800mm																																				
			Panjang Penyaluran Tekan		500mm																																				
			a. Tulangan Atas				2	D22					7500	1600												9.10	2	2.984	27.154									54.309			
							4	D22					1600	1875												3.48	4	2.984	10.369									41.478			
							0	D22							1000	3750										4.75	0	2.984	14.174									0.000			
							4	D22					1600	1875												3.48	4	2.984	10.369									41.478			
			b. Tulangan Bawah				2	D22				7500			1000											8.50	2	2.984	25.364									50.728			
							0	D22						1875	1000											2.88	0	2.984	8.579									0.000			
							1	D22					1600			3750										5.35	1	2.984	15.964									15.964			
							0	D22								1875	1000									2.88	0	2.984	8.579									0.000			
			c. Tulangan Tengah				2	D16	192		608	7500	800													9.10	2	1.578	14.360								28.720				
			d. Sengkang				18	D12		144							880	1380	144							2.55	18	0.8878	2.262	41.284											
							25	D12		144							880	1380	144							2.55	25	0.8878	2.262	56.553											
							18	D12		144							880	1380	144							2.55	18	0.8878	2.262	41.284											
																										139.12	28.7196	203.9564													
																							Σ Vol Tul		41.311	Kg															
																							Σ Vol Bet		0.375	m³															
																									110.162	Kg/m³															

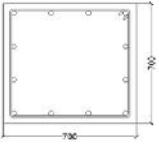
TABEL BESTAT TULANGAN PORTAL MEMANJANG

LANTAI 0																						
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume			
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25		
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	
1	As 1	KP	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>Dimensi Kolom 700 700</p> <p>Bentang Kolom 1000</p> <p>Tulangan Atas 4D25</p> <p>Tulangan Bawah 4D25</p> <p>Tulangan Kanan 4D25</p> <p>Tulangan Kiri 4D25</p> <p>Sengkang Ø10-150</p> <p>Panjang Penyaluran 1500mm</p> <p>Selimut Beton 40mm</p> </div>  <div style="margin-left: 10px;"> <p>a Bentang Kolom</p> <p>b Panjang Penyaluran Kolom</p> <p>c 4db Bengkokan</p> <p>d Panjang sengkang</p> <p>e Lebar sengkang</p> <p>f 6db</p> <p>g</p> <p>h</p> <p>i</p> </div> </div>																			
			a.Tulangan Atas	4	D25	1000	1500								2.50	4	3.8536	9.634		38.536		
			b.Tulangan Bawah	4	D25	1000	1500								2.50	4	3.8536	9.634		38.536		
			c.Tulangan Kanan	4	D25	1000	1500								2.50	4	3.8536	9.634		38.536		
			c.Tulangan Kiri	4	D25	1000	1500								2.50	4	3.8536	9.634		38.536		
			d.Sengkang	6	D10			120	1240	1240	120				2.72	6	0.627	1.705	10.801			
																		10.8011	154.144	Untuk 1 Portal		
																		Σ Vol Tul	164.945 Kg	824.73 Kg		
																		Σ Vol Bet	0.49 m ³	2.45 m ³		
																			336.623 Kg/m ³	336.62 Kg/m ³		

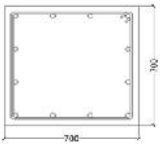
LANTAI 1

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume		
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25	
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 3000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang Ø10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																		
			a.Tulangan Atas	4	D25	3000	1500									4.50	4	3.8536	17.341		69.365
			b.Tulangan Bawah	4	D25	3000	1500									4.50	4	3.8536	17.341		69.365
			c.Tulangan Kanan	4	D25	3000	1500									4.50	4	3.8536	17.341		69.365
			c.Tulangan Kanan	4	D25	3000	1500									4.50	4	3.8536	17.341		69.365
			d.Sengkang	20	D10			120	1240	1240	120					2.72	20	0.627	1.705	33.540	

	33.5403	277.4592	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	311 Kg		1555 Kg
Σ Vol Bet	1.47 m ³		7.35 m ³
	211.564 Kg/m ³		211.56 Kg/m ³

LANTAI 2																						
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume			
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25		
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang \emptyset 10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																			
						a	benteng Kolom															
						b	Panjang Penyaluran Kolom															
						c	4db Bengkokan															
						d	Panjang sengkang															
						e	Lebar sengkang															
						f	6db															
						g																
						h																
						i																
				a.Tulangan Atas	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
				b.Tulangan Bawah	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
				c.Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
				c.Tulangan Kiri	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
				d.Sengkang	26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910	

	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1920.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		9.8 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

LANTAI 3																					
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume		
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25	
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang Ø10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																		
																					
			a.Tulangan Atas	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195	84.779	
			b.Tulangan Bawah	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195	84.779	
			c.Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195	84.779	
			c.Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195	84.779	
			d.Sengkang	26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910	

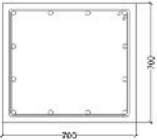




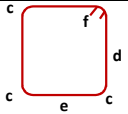
	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1920.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		9.8 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

LANTAI 4

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume		
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25	
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang Ø10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																		
			a.Tulangan Atas	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			b.Tulangan Bawah	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c.Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c.Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			d.Sengkang	26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910	

	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1920.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		9.8 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

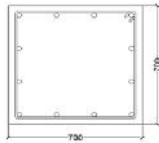
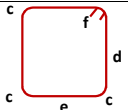
LANTAI 5

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume			
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25		
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	
1	As 1	K1	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Dimensi Kolom 700 700</p> <p>Bentang Kolom 4000</p> <p>Tulangan Atas 4D25</p> <p>Tulangan Bawah 4D25</p> <p>Tulangan Kanan 4D25</p> <p>Tulangan Kiri 4D25</p> <p>Sengkang Ø10-150</p> <p>Panjang Penyaluran 1500mm</p> <p>Selimit Beton 40mm</p> </div>  <div style="margin-left: 20px;"> <p>a Bentang Kolom</p> <p>b Panjang Penyaluran Kolom</p> <p>c 4db Bengkokan</p> <p>d Panjang sengkang</p> <p>e Lebar sengkang</p> <p>f 6db</p> <p>g</p> <p>h</p> <p>i</p> </div> </div>																			
a.Tulangan Atas		4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195			84.779		
b.Tulangan Bawah		4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195			84.779		
c.Tulangan Kanan		4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195			84.779		
c.Tulangan Kanan		4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195			84.779		
d.Sengkang		26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910				
																		44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal		
																	Σ Vol Tul	384.027	Kg	1920.1 Kg		
																	Σ Vol Bet	1.96	m ³	9.8 m ³		
																		195.932	Kg/m ³	195.93 Kg/m ³		

LANTAI 6

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume		
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25	
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang Ø10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																		
	a.Tulangan Atas			4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
	b.Tulangan Bawah			4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
	c.Tulangan Kanan			4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
	c.Tulangan Kanan			4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
	d.Sengkang			26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910	

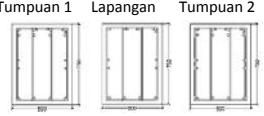
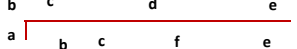
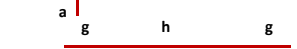

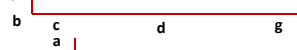


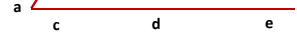


	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1920.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		9.8 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

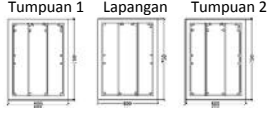
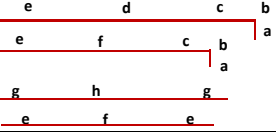


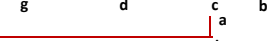



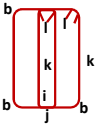

LANTAI ATAP																																
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan											Panjang	Total	Berat	Volume												
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25												
				(bh)	(mm)	(mm)											(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)										
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang Ø10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm 			a	Bentang Kolom	b	Panjang Penyaluran Kolom	c	4db Bengkokan	d	Panjang sengkang	e	Lebar sengkang	f	6db	g		h		i										
a.Tulangan Atas	b	a	4	D25	4000	1500																	5.50	4	3.8536	21.195		84.779				
b.Tulangan Bawah	b	a	4	D25	4000	1500																	5.50	4	3.8536	21.195		84.779				
c.Tulangan Kanan	b	a	4	D25	4000	1500																	5.50	4	3.8536	21.195		84.779				
c.Tulangan Kanan	b	a	4	D25	4000	1500																	5.50	4	3.8536	21.195		84.779				
d.Sengkang				26	D10			120	1240	1240	120												2.72	26	0.627	1.705	44.910					

	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1920.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		9.8 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³





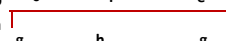
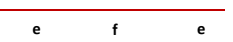
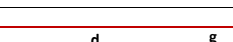
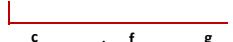
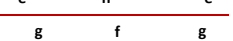



Σ Vol Tul Total	13900.525 Kg
Σ Vol Bet Total	68.600 m ³
Perbandingan	202.632 Kg/m ³

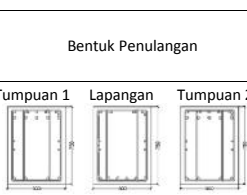
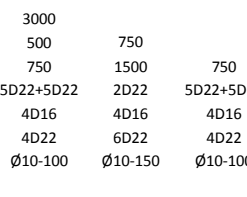
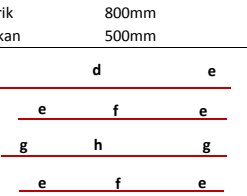
TABEL BESTAT TULANGAN PORTAL MELINTANG

LANTAI 1																														
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan			Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)											Panjang Total (m)	Total Bengkokan (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume								
								a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k				l	Berat Total (kg)	D10 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)				
1	As B 1-2	BS	Tumpuan 1	Lapangan	Tumpuan 2																									
						<ul style="list-style-type: none"> a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk 																								
			<p>Bentang Balok 6000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1500 3000 1500 Tulangan Atas 8D22 4D22 8D22 Tulangan Tengah 4D16 4D16 4D16 Tulangan Bawah 4D22 4D22 4D22 Sengkang ϕ10-100 ϕ10-150 ϕ10-100</p> <p>Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm</p>																											
a.Tulangan Atas						2	D22	264	88	448	6000	800							7.60	2	2.984	22.678			45.357					
						6	D22	264	88	448		800	1500							3.10	6	2.984	9.250			55.502				
						2	D22							1000	3000						4.00	2	2.984	11.936			23.872			
						6	D22					1600	1500								3.10	6	2.984	9.250			55.502			
b.Tulangan Bawah						2	D22	264	88	148	6000				500					7.00	2	2.984	20.888			41.776				
						2	D22	264	88	148			1500	500							2.50	2	2.984	7.460			14.920			
						2	D22					1600			3000															
						2	D22						1500	1000								2.50	2	2.984	7.460			14.920		
c.Tulangan Tengah						4	D16	192		608	6000	800								7.60	4	1.578	11.993			47.971				
						15	D10		200						120	880	2760	240	4.20	15	0.627	2.633	38.184							
						20	D10		200					120	880	2760	240	4.20	20	0.627	2.633	52.668								
						15	D10		200					120	880	2760	240	4.20	15	0.627	2.633	38.184								
d.Sengkang																														
																											129.0366	47.9712	251.8496	
																								Σ Vol Tul	47.651		Kg			
																								Σ Vol Bet	0.375		m ³			
																									127.069		Kg/m ³			

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume																								
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D16	D22																			
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)																					
3	As B 3-4	BS	<p>Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2</p>  <p>Bentang Balok 6000</p> <p>Dimensi Balok 500 750</p> <p>Panjang Tulangan 1500 3000 1500</p> <p>Tulangan Atas 8D22 4D22 8D22</p> <p>Tulangan Tengah 4D16 4D16 4D16</p> <p>Tulangan Bawah 4D22 4D22 4D22</p> <p>Sengkang $\emptyset 10-100$ $\emptyset 10-150$ $\emptyset 10-100$</p> <p>Panjang Penyaluran Tarik 800mm</p> <p>Panjang Penyaluran Tekan 500mm</p>			a 12db panjang tekuk	b 4db tekuan	c sisa panjang penyaluran tarik	d panjang bentang balok	e panjang penyaluran tarik	f panjang tulangan tarik	g panjang penyaluran tekan	h panjang tulangan tekan	i 5x4db sengkang	j b sengkang	k h sengkang	l 6db panjang tekuk																										
a.Tulangan Atas				2	D22	264	88	448	6000	800									7.60	2	2.984	22.678			45.357																		
				6	D22	264	88	448		800	1500								3.10	6	2.984	9.250			55.502																		
				2	D22							1000	3000						4.00	2	2.984	11.936			23.872																		
				6	D22					1600	1500								3.10	6	2.984	9.250			55.502																		
b.Tulangan Bawah				2	D22	264	88	148	6000			500						7.00	2	2.984	20.888			41.776																			
				2	D22	264	88	148			1500	500							2.50	2	2.984	7.460			14.920																		
				2	D22					1600			3000						4.60	2	2.984	13.726			27.453																		
				2	D22						1500	1000							2.50	2	2.984	7.460			14.920																		
c.Tulangan Tengah				4	D16	192		608	6000	800								7.60	4	1.578	11.993		47.971																				
																																											
d.Sengkang				15	D10		200						120	880	2760	240		4.20	15	0.627	2.633	38.184																					
				20	D10		200						120	880	2760	240		4.20	20	0.627	2.633	52.668																					
				15	D10		200						120	880	2760	240		4.20	15	0.627	2.633	38.184																					
																							129.0366		47.9712		279.3024																
																																						Σ Vol Tul	50.701			Kg	
																																						Σ Vol Bet	0.375			m ³	
																																							135.203			Kg/m ³	

LANTAI 2

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan											Panjang	Total	Berat	Volume																						
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22																		
				(bh)	(mm)	(mm)											(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)																			
1	As B 1-2	Bl 7	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">Tumpuan 1 </div> <div style="text-align: center;">Lapangan </div> <div style="text-align: center;">Tumpuan 2 </div> </div> <p>Bentang Balok 6000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1500 3000 1500 Tulangan Atas 5D22+5D22 2D22 5D22+5D22 Tulangan Tengah 4D16 4D16 4D16 Tulangan Bawah 4D22 6D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100</p> <p>Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm</p>			a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk																																				
a.Tulangan Atas				2	D22	264	88	448	6000	800									7.60	2	2.984	22.678			45.357																	
				8	D22	264	88	448		800	1500								3.10	8	2.984	9.250			74.003																	
				0	D22							1000	3000						4.00	0	2.984	11.936			0.000																	
				8	D22					1600	1500								3.10	8	2.984	9.250			74.003																	
b.Tulangan Bawah				2	D22	264	88	148	6000		500							7.00	2	2.984	20.888			41.776																		
				2	D22	264	88	148		1500	500								2.50	2	2.984	7.460			14.920																	
				4	D22					1600		3000							4.60	4	2.984	13.726			54.906																	
				2	D22					1500	1000								2.50	2	2.984	7.460			14.920																	
c.Tulangan Tengah				4	D16	192		608	6000	800								7.60	4	1.578	11.993		47.971																			
				15	D12		240						144	880	2760	288	4.31	15	0.8878	3.828	55.509																					
				20	D12		144						880	1380	144	2.55	20	0.8878	2.262	45.242																						
				15	D12		240						144	880	2760	288	4.31	15	0.8878	3.828	55.509																					
																							156.2599	47.9712	319.885																	
																				Σ Vol Tul		58.235	Kg																			
																				Σ Vol Bet		0.375	m³																			
																						155.294	Kg/m³																			

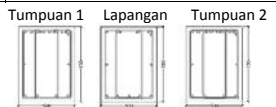
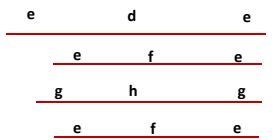
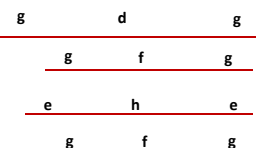

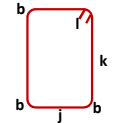
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah		Hitungan Panjang Penulangan											Panjang		Total	Berat	Volume																																																																				
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22																																																																	
				(bh)	(mm)	(mm)											(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)																																																																		
2	As B 2-3	Bl 7	Tumpuan 1  Lapangan  Tumpuan 2 			a	12db	panjang	tekuk	b	4db	tekuan	c				sisa	panjang	penyaluran	tarik	d				panjang	bentang	balok	e				panjang	penyaluran	tarik	f				panjang	tulangan	tarik	g				panjang	penyaluran	tekan	h				panjang	tulangan	tekan	i							5x4db	senggang	j							b	senggang	k							h	senggang	l				6db	panjang	tekuk
Bentang Balok			3000																																																																																						
Dimensi Balok			500	750																																																																																					
Panjang Tulangan			750	1500	750																																																																																				
Tulangan Atas			5D22+5D22	2D22	5D22+5D22																																																																																				
Tulangan Tengah			4D16	4D16	4D16																																																																																				
Tulangan Bawah			4D22	6D22	4D22																																																																																				
Senggang			Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100																																																																																				
Panjang Penyaluran Tarik			800mm																																																																																						
Panjang Penyaluran Tekan			500mm																																																																																						
a.Tulangan Atas			e	d	e	2	D22																						4.60	2	2.984	13.726			27.453																																																						
			e	f	e	8	D22																						2.35	8	2.984	7.012			56.099																																																						
			g	h	g	0	D22									1000	1500												2.50	0	2.984	7.460			0.000																																																						
			e	f	e	8	D22																						2.35	8	2.984	7.012			56.099																																																						
b.Tulangan Bawah			g	d	g	2	D22										3000			1000									4.00	2	2.984	11.936			23.872																																																						
			g	f	g	2	D22													750	1000								1.75	2	2.984	5.222			10.444																																																						
			e	h	e	4	D22														1600			1500					3.10	4	2.984	9.250			37.002																																																						
			g	f	g	2	D22														750	1000							1.75	2	2.984	5.222			10.444																																																						
c.Tulangan Tengah			a	c	d	e	4	D16	192		608	3000	800																4.60	4	1.578	7.259			29.035																																																						
d.Senggang			b	k	b	7	D12		240													144	880	2760	288				4.31	7	0.8878	3.828		26.797																																																							
			b	k	b	10	D12		144														880	1380	144				2.55	10	0.8878	2.262	22.621																																																								
			b	k	b	7	D12		240													144	880	2760	288				4.31	7	0.8878	3.828		26.797																																																							
																						76.21585		29.0352		221.413																																																															
																						Σ Vol Tul				36.296	Kg																																																														
																						Σ Vol Bet				0.375	m ³																																																														
																										96.789	Kg/m ³																																																														


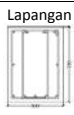
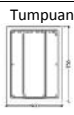

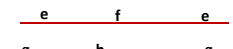

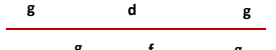
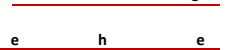
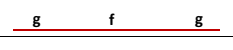
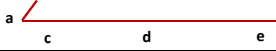
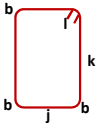
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Total	Berat	Volume																											
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22																										
				(bh)	(mm)	(mm)														(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)																								
3	As B 3-4	Bl 4	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2 Bentang Balok 6000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1500 3000 1500 Tulangan Atas 5D22+5D22 2D22 5D22+5D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 6D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm			a	12db	panjang tekuk	b	4db	tekuan	c	sisa panjang penyaluran tarik		d	panjang bentang balok		e	panjang penyaluran tarik		f	panjang tulangan tarik		g	panjang penyaluran tekan		h	panjang tulangan tekan		i	5x4db sengkang		j	b sengkang		k	h sengkang		l	6db panjang tekuk										
a.Tulangan Atas	2	D22	264	88	448	6000	800										7.60	2	2.984	22.678																			45.357											
	8	D22	264	88	448		800	1500									3.10	8	2.984	9.250																			74.003											
	0	D22									1000	3000					4.00	0	2.984	11.936																		0.000												
	8	D22					1600	1500									3.10	8	2.984	9.250																		74.003												
b.Tulangan Bawah	2	D22	264	88	148	6000		500									7.00	2	2.984	20.888																		41.776												
	2	D22	264	88	148			1500	500								2.50	2	2.984	7.460																		14.920												
	4	D22					1600				3000						4.60	4	2.984	13.726																		54.906												
	2	D22						1500	1000								2.50	2	2.984	7.460																		14.920												
c.Tulangan Tengah	2	D16	192		608	6000	800										7.60	2	1.578	11.993																		23.986												
	15	D12		240							144	880	2760	288	4.31	15	0.8878	3.828	55.509																															
	20	D12		144								880	1380	144	2.55	20	0.8878	2.262	45.242																															
	15	D12		240							144	880	2760	288	4.31	15	0.8878	3.828	55.509																															
																						156.2599	23.9856	319.885																										
																								55.570			Kg																							
																								0.375			m ³																							
																								148.187			Kg/m ³																							

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Total	Berat	Volume			
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22		
				(bh)	(mm)	(mm)														(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
3	As B 3-4	Bl 4	<p>Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2</p> <p>Bentang Balok 6000</p> <p>Dimensi Balok 500 750</p> <p>Panjang Tulangan 1500 3000 1500</p> <p>Tulangan Atas 5D22+5D22 2D22 5D22+5D22</p> <p>Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16</p> <p>Tulangan Bawah 4D22 6D22 4D22</p> <p>Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100</p> <p>Panjang Penyaluran Tarik 800mm</p> <p>Panjang Penyaluran Tekan 500mm</p>			a 12db panjang tekuk	b 4db tekuan	c sisa panjang penyaluran tarik	d panjang bentang balok	e panjang penyaluran tarik	f panjang tulangan tarik	g panjang penyaluran tekan	h panjang tulangan tekan	i 5x4db sengkang	j b sengkang	k h sengkang	l 6db panjang tekuk									
a.Tulangan Atas				2	D22	264	88	448	6000	800									7.60	2	2.984	22.678			45.357	
				8	D22	264	88	448		800	1500								3.10	8	2.984	9.250			74.003	
				0	D22								1000	3000					4.00	0	2.984	11.936			0.000	
				8	D22					1600	1500								3.10	8	2.984	9.250			74.003	
				2	D22	264	88	148	6000			500							7.00	2	2.984	20.888			41.776	
b.Tulangan Bawah				2	D22	264	88	148			1500	500						2.50	2	2.984	7.460			14.920		
				2	D22	264	88	148			1500	500							2.50	2	2.984	7.460			14.920	
				4	D22					1600				3000					4.60	4	2.984	13.726			54.906	
				2	D22						1500	1000							2.50	2	2.984	7.460			14.920	
				2	D22						1500	1000							2.50	2	2.984	7.460			14.920	
c.Tulangan Tengah				2	D16	192		608	6000	800									7.60	2	1.578	11.993		23.986		
d.Sengkang				15	D12		240							144	880	2760	288	4.31	15	0.8878	3.828	55.509				
				20	D12		144								880	1380	144	2.55	20	0.8878	2.262	45.242				
				15	D12		240							144	880	2760	288	4.31	15	0.8878	3.828	55.509				
																						156.2599	23.9856	319.885		
																							55.570		Kg	
																							0.375		m ³	
																							148.187		Kg/m ³	

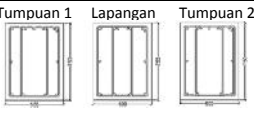
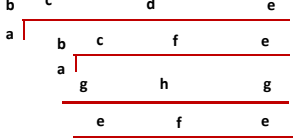
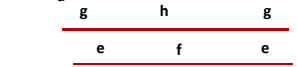

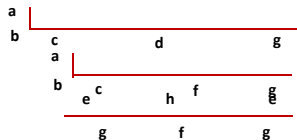
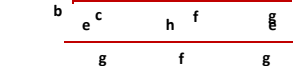

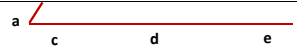
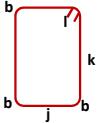

LANTAI 5




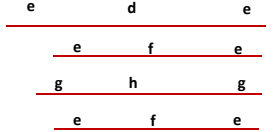
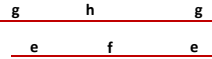

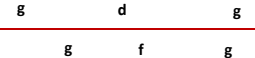


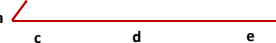
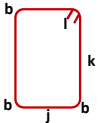
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan														Panjang	Total	Berat	Volume				
				Tulangan (bh)	Tulangan (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total (m)	Bengkokan (bh)	Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	D12 (kg)	D16 (kg)	D22 (kg)			
1	As B 1-2	BI 5	Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2																								
			<p> Bentang Balok 6000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1500 3000 1500 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm </p>			a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk																					
a.Tulangan Atas				2	D22	264	88	448	6000	800								7.60	2	2.984	22.678			45.357			
				6	D22	264	88	448		800	1500							3.10	6	2.984	9.250			55.502			
				0	D22							1000	3000				4.00	0	2.984	11.936			0.000				
				6	D22					1600	1500							3.10	6	2.984	9.250			55.502			
b.Tulangan Bawah				2	D22	264	88	148	6000		500						7.00	2	2.984	20.888			41.776				
				2	D22	264	88	148			1500	500						2.50	2	2.984	7.460			14.920			
				3	D22					1600			3000				4.60	3	2.984	13.726			41.179				
				2	D22						1500	1000						2.50	2	2.984	7.460			14.920			
c.Tulangan Tengah				2	D16	192		608	6000	800							7.60	2	1.578	11.993		23.986					
d.Sengkang				15	D12		144						880	1380	144	2.55	15	0.8878	2.262	32.801							
				20	D12		144						880	1380	144	2.55	20	0.8878	2.262	45.242							
				15	D12		144					880	1380	144	2.55	15	0.8878	2.262	32.801								
																						110.8436	23.9856	269.157			
																						Σ Vol Tul	44.887	Kg			
																						Σ Vol Bet	0.375	m ³			
																						119.700	Kg/m ³				



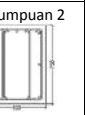
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan											Panjang	Total	Berat	Volume				
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22
				(bh)	(mm)	(mm)											(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
2	As B 2-3	Bl 5	 <p> Bentang Balok 3000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 750 1500 750 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm </p>			a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk																		
a.Tulangan Atas				2	D22				3000	1600							4.60	2	2.984	13.726			27.453	
				6	D22				1600	750							2.35	6	2.984	7.012			42.074	
				0	D22						1000	1500					2.50	0	2.984	7.460			0.000	
				6	D22				1600	750							2.35	6	2.984	7.012			42.074	
b.Tulangan Bawah				2	D22			3000			1000						4.00	2	2.984	11.936			23.872	
				2	D22				750	1000							1.75	2	2.984	5.222			10.444	
				3	D22			1600			1500						3.10	3	2.984	9.250			27.751	
				2	D22				750	1000							1.75	2	2.984	5.222			10.444	
c.Tulangan Tengah				2	D16	192		608	3000	800							4.60	2	1.578	7.259		14.518		
d.Sengkang				7	D12		144					880	1380	144		2.55	7	0.8878	2.262	15.835				
				10	D12		144					880	1380	144		2.55	10	0.8878	2.262	22.621				
				7	D12		144					880	1380	144		2.55	7	0.8878	2.262	15.835				
																		54.29075			14.5176		184.113	
																					28.102		Kg	
																					0.375		m ³	
																					74.940		Kg/m ³	

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan											Panjang	Total	Berat	Volume									
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22					
				(bh)	(mm)	(mm)											(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)						
2	As B 2-3	Bl 5	Tumpuan 1  Lapangan  Tumpuan 2 			a	12db	panjang tekuk																					
						b	4db	tekuan																					
						c	sisa panjang penyaluran tarik																						
						d	panjang bentang balok																						
						e	panjang penyaluran tarik																						
						f	panjang tulangan tarik																						
						g	panjang penyaluran tekan																						
						h	panjang tulangan tekan																						
						i	5x4db sengkang																						
						j	b sengkang																						
						k	h sengkang																						
						l	6db	panjang tekuk																					
			Bentang Balok 3000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 750 1500 750 Tulangan Atas 8D22 2D22 8D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 4D22 5D22 4D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm																										
	a.Tulangan			2	D22				3000	1600							4.60	2	2.984	13.726			27.453						
		Atas		6	D22				1600	750							2.35	6	2.984	7.012			42.074						
				0	D22						1000	1500					2.50	0	2.984	7.460			0.000						
				6	D22				1600	750							2.35	6	2.984	7.012			42.074						
	b.Tulangan			2	D22			3000			1000						4.00	2	2.984	11.936			23.872						
		Bawah		2	D22					750	1000						1.75	2	2.984	5.222			10.444						
				3	D22			1600			1500						3.10	3	2.984	9.250			27.751						
				2	D22				750	1000							1.75	2	2.984	5.222			10.444						
	c.Tulangan			2	D16		192	608	3000	800							4.60	2	1.578	7.259		14.518							
		Tengah																											
	d.Sengkang			7	D12			144				880	1380	144			2.55	7	0.8878	2.262		15.835							
				10	D12			144				880	1380	144			2.55	10	0.8878	2.262		22.621							
				7	D12			144				880	1380	144			2.55	7	0.8878	2.262		15.835							
																				54.29075	14.5176	184.113							
																				Σ Vol Tul	28.102	Kg							
																				Σ Vol Bet	0.375	m³							
																					74.940	Kg/m³							

LANTAI ATAP

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan											Panjang	Total	Berat	Volume							
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22			
				(bh)	(mm)	(mm)											(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)				
1	As B 1-2	Bl 6	<p>Tumpuan 1 Lapangan Tumpuan 2</p>  <p>Bentang Balok 6000</p> <p>Dimensi Balok 500 750</p> <p>Panjang Tulangan 1500 3000 1500</p> <p>Tulangan Atas 5D22 2D22 5D22</p> <p>Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16</p> <p>Tulangan Bawah 2D22 4D22 2D22</p> <p>Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100</p> <p>Panjang Penyaluran Tarik 800mm</p> <p>Panjang Penyaluran Tekan 500mm</p> <p>a 12db panjang tekuk</p> <p>b 4db tekuan</p> <p>c sisa panjang penyaluran tarik</p> <p>d panjang bentang balok</p> <p>e panjang penyaluran tarik</p> <p>f panjang tulangan tarik</p> <p>g panjang penyaluran tekan</p> <p>h panjang tulangan tekan</p> <p>i 5x4db sengkang</p> <p>j b sengkang</p> <p>k h sengkang</p> <p>l 6db panjang tekuk</p>																								
a.Tulangan Atas				2	D22	264	88	448	6000	800								7.60	2	2.984	22.678			45.357			
				3	D22	264	88	448		800	1500							3.10	3	2.984	9.250			27.751			
				0	D22								1000	3000				4.00	0	2.984	11.936			0.000			
				3	D22					1600	1500							3.10	3	2.984	9.250			27.751			
b.Tulangan Bawah				2	D22	264	88	148	6000			500					7.00	2	2.984	20.888			41.776				
				0	D22	264	88	148			1500	500						2.50	0	2.984	7.460			0.000			
				2	D22					1600				3000				4.60	2	2.984	13.726			27.453			
				0	D22						1500	1000						2.50	0	2.984	7.460			0.000			
c.Tulangan Tengah				2	D16	192		608	6000	800							7.60	2	1.578	11.993			23.986				
																											
d.Sengkang				15	D12		144						880	1380	144	2.55	15	0.8878	2.262	32.801							
				20	D12		144						880	1380	144	2.55	20	0.8878	2.262	45.242							
				15	D12		144						880	1380	144	2.55	15	0.8878	2.262	32.801							
																			110.8436		23.9856		170.088				
																			Σ Vol Tul			33.880		Kg			
																			Σ Vol Bet			0.375		m³			
																						90.346		Kg/m³			

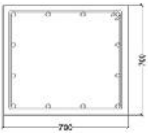




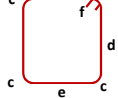
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume					
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		
2	As B 2-3	Bl 6	Tumpuan 1  Lapangan  Tumpuan 2  Bentang Balok 3000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 750 1500 750 Tulangan Atas 5D22 2D22 5D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 2D22 4D22 2D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm			a 12db panjang tekuk b 4db tekuan c sisa panjang penyaluran tarik d panjang bentang balok e panjang penyaluran tarik f panjang tulangan tarik g panjang penyaluran tekan h panjang tulangan tekan i 5x4db sengkang j b sengkang k h sengkang l 6db panjang tekuk																		
a.Tulangan Atas				2	D22				3000	1600							4.60	2	2.984	13.726			27.453	
				3	D22				1600	750							2.35	3	2.984	7.012			21.037	
				0	D22						1000	1500					2.50	0	2.984	7.460			0.000	
				3	D22				1600	750							2.35	3	2.984	7.012			21.037	
b.Tulangan Bawah				2	D22			3000			1000						4.00	2	2.984	11.936			23.872	
				0	D22				750	1000							1.75	0	2.984	5.222			0.000	
				2	D22				1600			1500					3.10	2	2.984	9.250			18.501	
				0	D22				750	1000							1.75	0	2.984	5.222			0.000	
c.Tulangan Tengah				2	D16	192		608	3000	800							4.60	2	1.578	7.259		14.518		
				7	D12		144						880	1380	144		2.55	7	0.8878	2.262	15.835			
				10	D12		144						880	1380	144		2.55	10	0.8878	2.262	22.621			
				7	D12		144						880	1380	144		2.55	7	0.8878	2.262	15.835			
																						54.29075	14.5176	111.900
																						Σ Vol Tul	20.079	Kg
																						Σ Vol Bet	0.375	m ³
																							53.543	Kg/m ³

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah		Hitungan Panjang Penulangan										Panjang		Total		Berat		Volume		
				Tulangan	Diameter	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D12	D16	D22
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
3	As B 3-4	Bl 6	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Tumpuan 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Lapangan</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Tumpuan 2</p> </div> </div> Bentang Balok 6000 Dimensi Balok 500 750 Panjang Tulangan 1500 3000 1500 Tulangan Atas 5D22 2D22 5D22 Tulangan Tengah 2D16 2D16 2D16 Tulangan Bawah 2D22 4D22 2D22 Sengkang Ø10-100 Ø10-150 Ø10-100 Panjang Penyaluran Tarik 800mm Panjang Penyaluran Tekan 500mm				a	12db	panjang tekuk															
							b	4db	tekuan															
							c		sisa panjang penyaluran tarik															
							d		panjang bentang balok															
							e		panjang penyaluran tarik															
							f		panjang tulangan tarik															
							g		panjang penyaluran tekan															
							h		panjang tulangan tekan															
							i		5x4db sengkang															
							j		b sengkang															
							k		h sengkang															
							l	6db	panjang tekuk															
							a		panjang tekuk															

LANTAI 1

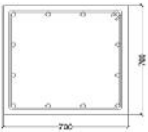



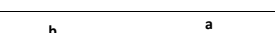
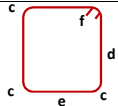
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)										Panjang Total (m)	Total Bengkokan (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume				
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	Berat Total (kg)				D10 (kg)	D25 (kg)			
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 3000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang ϕ 10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																				
			a.Tulangan Atas	4	D25	3000	1500									4.50	4	3.8536	17.341			69.365	
			b.Tulangan Bawah	4	D25	3000	1500									4.50	4	3.8536	17.341			69.365	
			c.Tulangan Kanan	4	D25	3000	1500									4.50	4	3.8536	17.341			69.365	
			c.Tulangan Kiri	4	D25	3000	1500									4.50	4	3.8536	17.341			69.365	
			d.Sengkang	20	D10			120	1240	1240	120				2.72	20	0.627	1.705	33.540				

	33.5403	277.4592	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	311 Kg	1244 Kg	
Σ Vol Bet	1.47 m ³	5.88 m ³	
	211.564 Kg/m ³	211.56 Kg/m ³	

LANTAI 2																													
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)										Panjang Total (m)	Total Bengkokan (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume (kg)										
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	Berat Total (kg)				D10 (kg)	D25 (kg)									
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang \varnothing 10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm 			a	Bentang Kolom	b	Panjang Penyaluran Kolom	c	4db Bengkokan	d	Panjang sengkang	e	Lebar sengkang	f	6db	g		h		i							
	a.Tulangan Atas			4	D25	4000	1500																5.50	4	3.8536	21.195		84.779	
	b.Tulangan Bawah			4	D25	4000	1500																5.50	4	3.8536	21.195		84.779	
	c.Tulangan Kanan			4	D25	4000	1500																5.50	4	3.8536	21.195		84.779	
	c.Tulangan Kiri			4	D25	4000	1500																5.50	4	3.8536	21.195		84.779	
	d.Sengkang			26	D10			120	1240	1240	120												2.72	26	0.627	1.705	44.910		

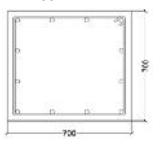
	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1536.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		7.84 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

LANTAI 3

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)										Panjang Total (m)	Total Bengkokan (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume				
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	Berat Total (kg)				D10 (kg)	D25 (kg)			
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang ϕ 10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																				
																							
			a Bentang Kolom b Panjang Penyaluran Kolom c 4db Bengkokan d Panjang sengkang e Lebar sengkang f 6db g h i																				
			a.Tulangan Atas 	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195			84.779	
			b.Tulangan Bawah 	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195			84.779	
			c.Tulangan Kanan 	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195			84.779	
			c.Tulangan Kiri 	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195			84.779	
			d.Sengkang 	26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910			

	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1536.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		7.84 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

LANTAI 4

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)										Panjang Total (m)	Total Bengkokan (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume		
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	Berat Total (kg)				D10 (kg)	D25 (kg)	
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang ϕ 10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																		
																					
			a.Tulangan Atas	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			b.Tulangan Bawah	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c.Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c.Tulangan Kiri	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			d.Sengkang	26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910	

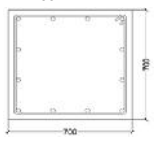
	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1536.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		7.84 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

LANTAI 5

No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah Tulangan (bh)	Diameter Tulangan (mm)	Hitungan Panjang Penulangan (mm)										Panjang Total (m)	Total Bengkokan (bh)	Berat Besi (kg/m)	Volume		
						a	b	c	d	e	f	g	h	i	Berat Total (kg)				D10 (kg)	D25 (kg)	
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang Ø10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																		
			a. Tulangan Atas	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			b. Tulangan Bawah	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c. Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c. Tulangan Kiri	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			d. Sengkang	26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910	

	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1536.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		7.84 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

LANTAI 6

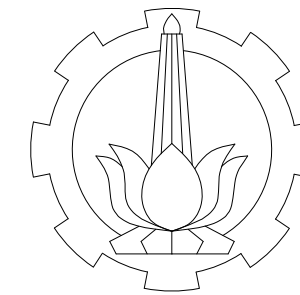
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume		
				Tulangan (bh)	Tulangan (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total (m)	Bengkokan (bh)	Besi (kg/m)	Berat Total (kg)	D10 (kg)	D25 (kg)	
1	As 1	K1	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Dimensi Kolom 700 700</p> <p>Bentang Kolom 4000</p> <p>Tulangan Atas 4D25</p> <p>Tulangan Bawah 4D25</p> <p>Tulangan Kanan 4D25</p> <p>Tulangan Kiri 4D25</p> <p>Sengkang Ø10-150</p> <p>Panjang Penyaluran 1500mm</p> <p>Selimit Beton 40mm</p> </div>  <div style="margin-left: 20px;"> <p>a Bentang Kolom</p> <p>b Panjang Penyaluran Kolom</p> <p>c 4db Bengkokan</p> <p>d Panjang sengkang</p> <p>e Lebar sengkang</p> <p>f 6db</p> <p>g</p> <p>h</p> <p>i</p> </div> </div>																		
			a.Tulangan Atas	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			b.Tulangan Bawah	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c.Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c.Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			d.Sengkang	26	D10			120	1240	1240	120				2.72	26	0.627	1.705	44.910		

	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1536.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		7.84 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

LANTAI ATAP																					
No.	Lokasi	Type	Bentuk Penulangan	Jumlah	Diameter	Hitungan Panjang Penulangan										Panjang	Total	Berat	Volume		
				Tulangan	Tulangan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Total	Bengkokan	Besi	Berat Total	D10	D25	
				(bh)	(mm)	(mm)										(m)	(bh)	(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)
1	As 1	K1	Dimensi Kolom 700 700 Bentang Kolom 4000 Tulangan Atas 4D25 Tulangan Bawah 4D25 Tulangan Kanan 4D25 Tulangan Kiri 4D25 Sengkang \varnothing 10-150 Panjang Penyaluran 1500mm Selimut Beton 40mm																		
			a. Tulangan Atas	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			b. Tulangan Bawah	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c. Tulangan Kanan	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			c. Tulangan Kiri	4	D25	4000	1500									5.50	4	3.8536	21.195		84.779
			d. Sengkang	26	D10			120	1240	1240	120					2.72	26	0.627	1.705	44.910	

	44.9099	339.1168	Untuk 1 Portal
Σ Vol Tul	384.027 Kg		1536.1 Kg
Σ Vol Bet	1.96 m ³		7.84 m ³
	195.932 Kg/m ³		195.93 Kg/m ³

Σ Vol Tul Total	11120.420 Kg
Σ Vol Bet Total	54.880 m ³
Perbandingan	202.632 Kg/m ³



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
PEMUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK DEPAN

1 : 150

KODE GAMBAR

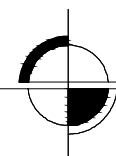
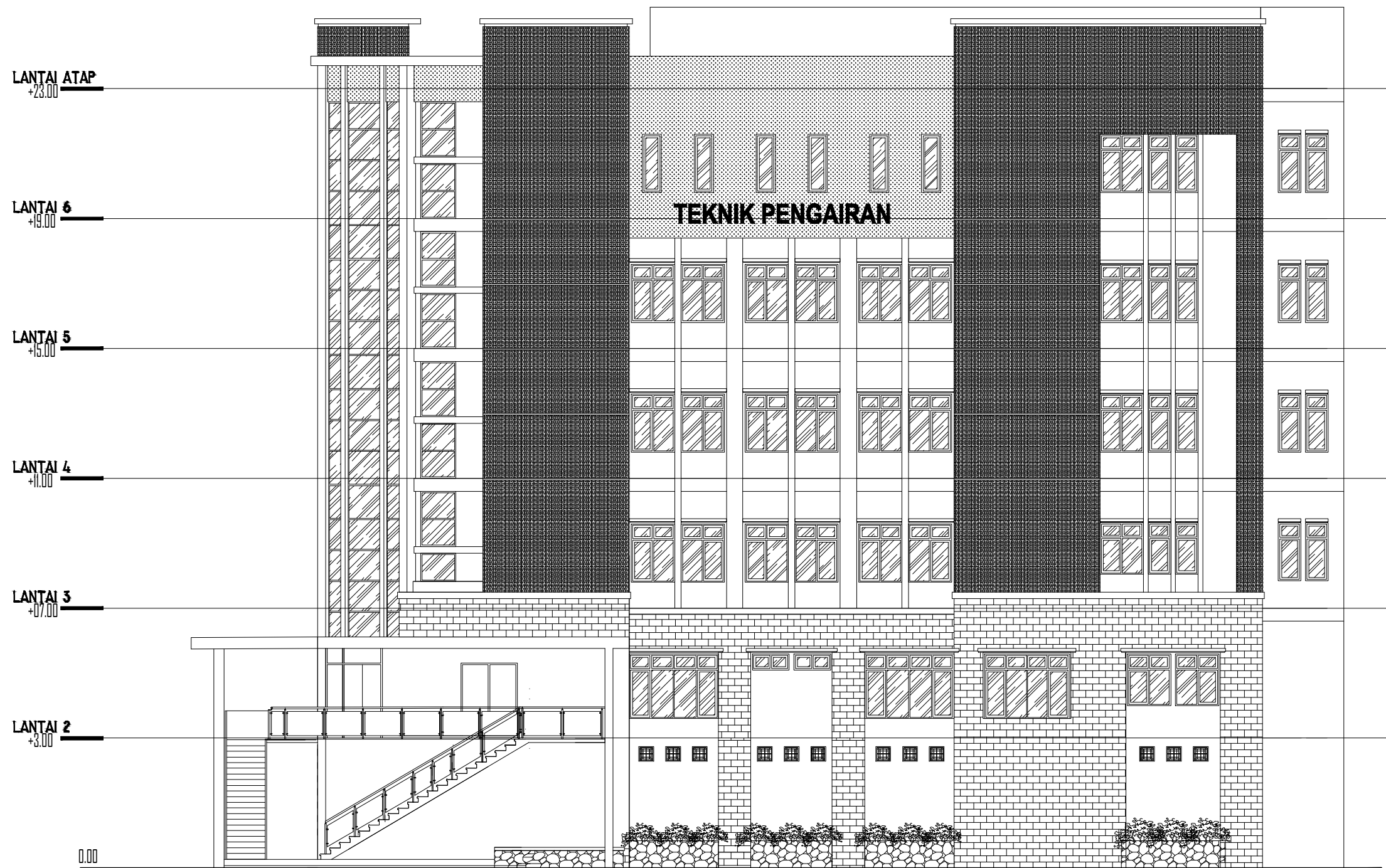
ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

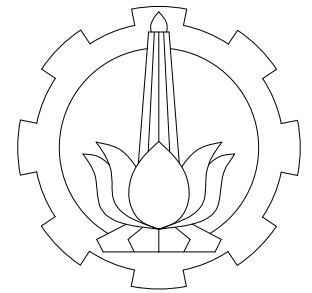
1

48



TAMPAK DEPAN

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK BELAKANG

1 : 150

KODE GAMBAR

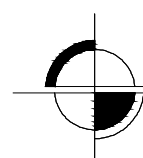
ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

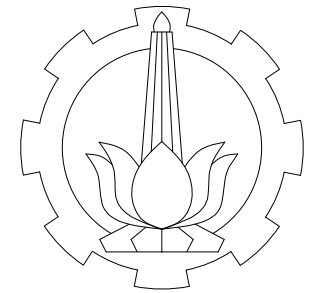
2

48



TAMPAK BELAKANG

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK KANAN

1 : 150

KODE GAMBAR

ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

3

48

LANTAI ATAP
 +23.00

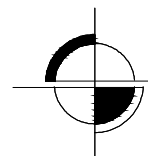
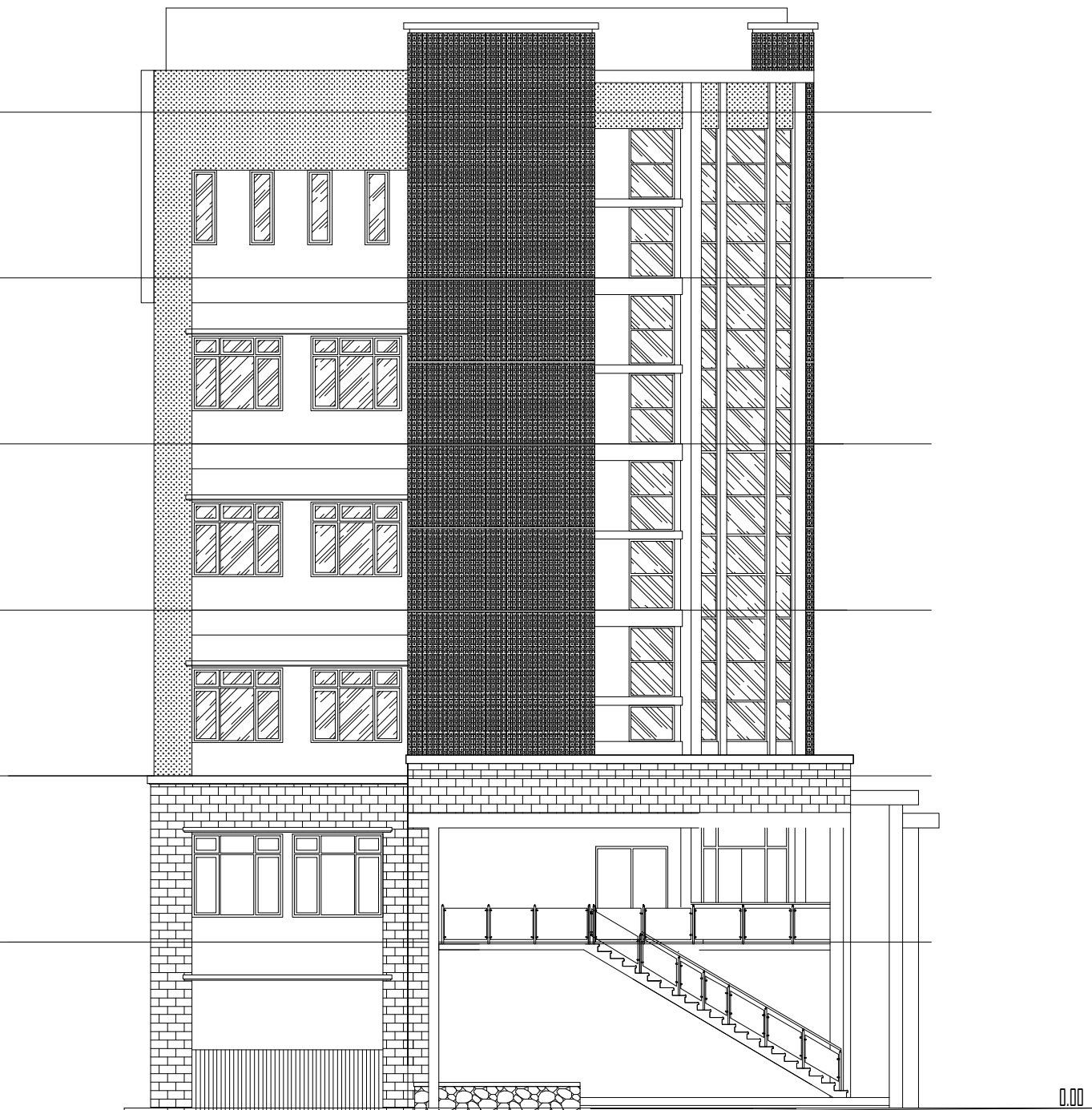
LANTAI 6
 +19.00

LANTAI 5
 +15.00

LANTAI 4
 +11.00

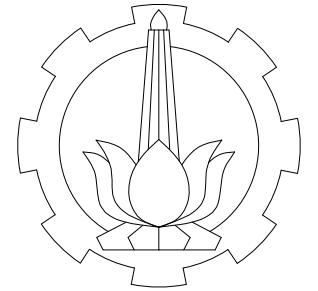
LANTAI 3
 +07.00

LANTAI 2
 +3.00



TAMPAK KANAN

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
PEMUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK KIRI

1 : 150

KODE GAMBAR

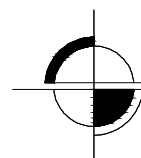
ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

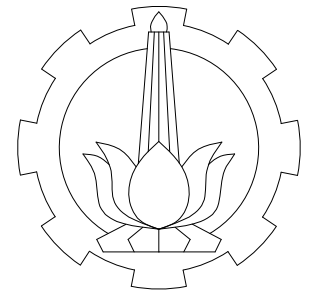
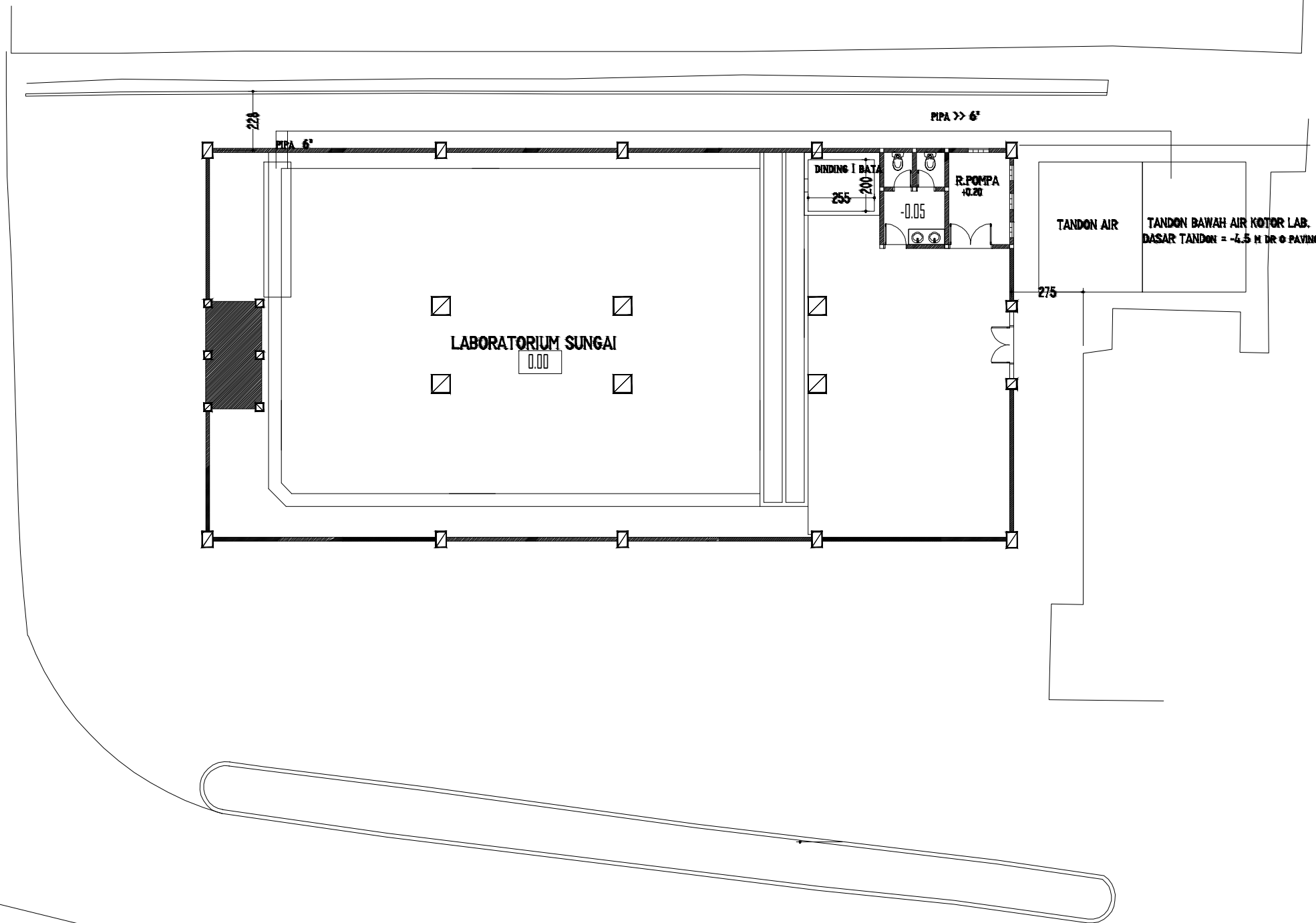
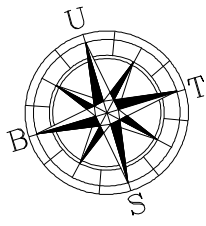
4

48



TAMPAK KIRI

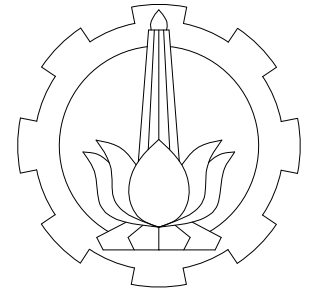
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK	
GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK di MALANG	
LOKASI	
JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU, MALANG	
TUGAS AKHIR TERAPAN	
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH	
DOSEN PEMBIMBING	
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT. NIP. 19740203 200212 1 002	
NAMA MAHASISWA	
Ana Ghayatul Arifah NRP. 3114030034	
Muhammad Riziq Akbar NRP. 3114030061	
JUDUL GAMBAR	SKALA
LAYOUT PLAN	1 : 200
KODE GAMBAR	
ARS	
NO LEMBAR	JUML LEMBAR
5	48

LAYOUT PLAN
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LT.1

1 : 150

KODE GAMBAR

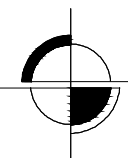
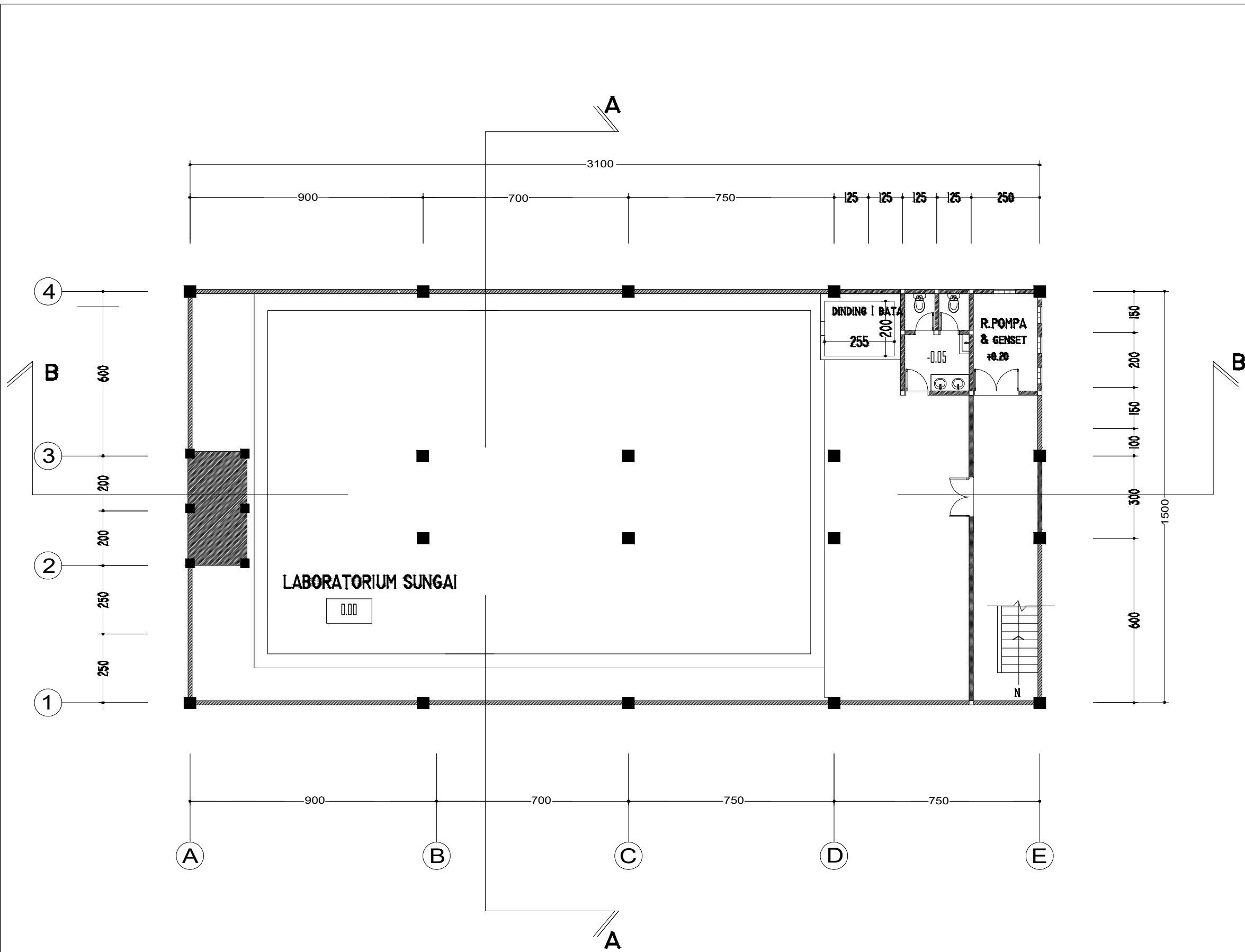
ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

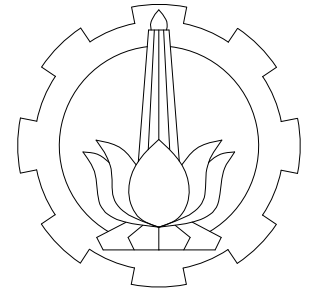
6

48



DENAH LANTAI I

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

DENAH LT.2

SKALA

1 : 150

KODE GAMBAR

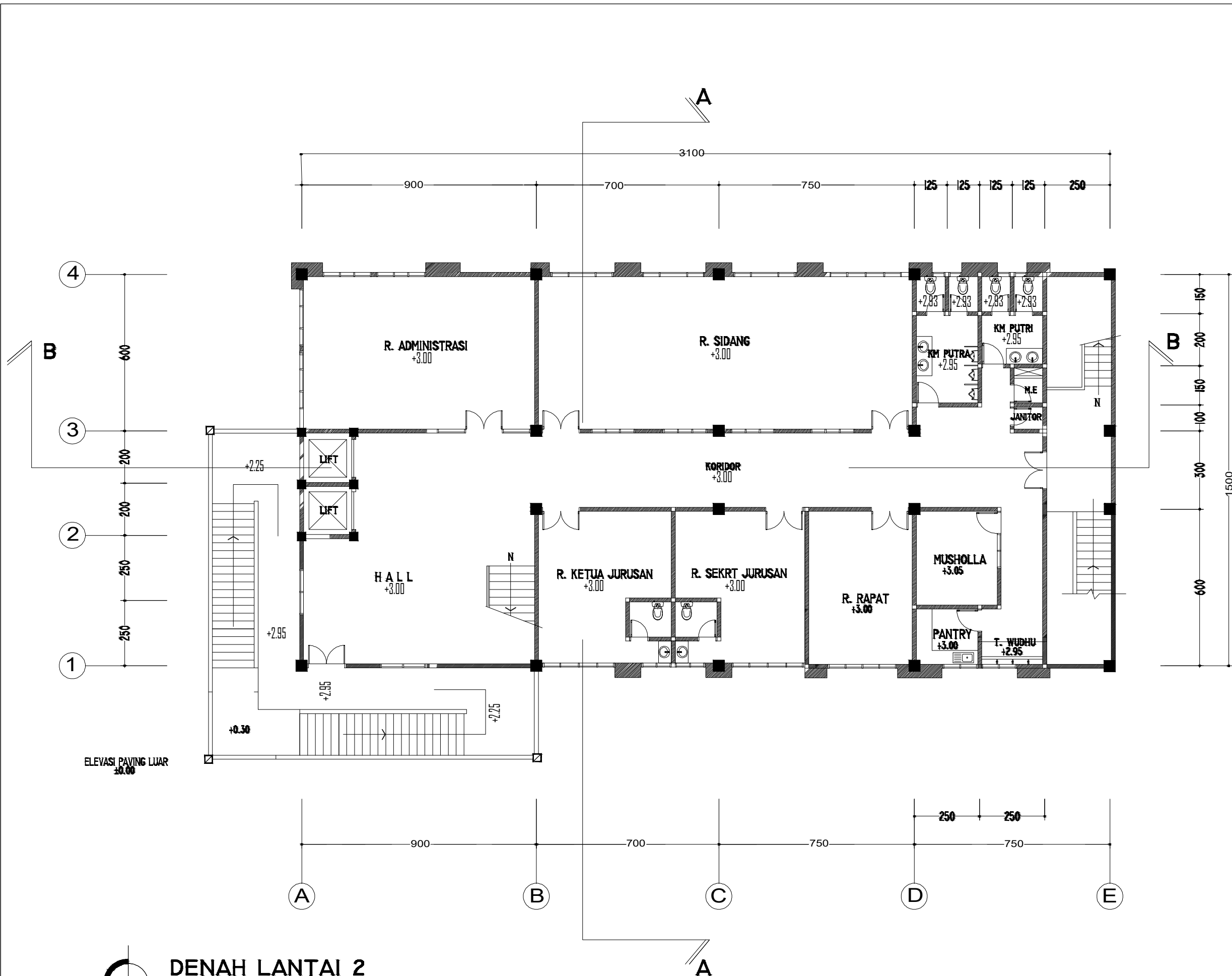
ARS

NO LEMBAR

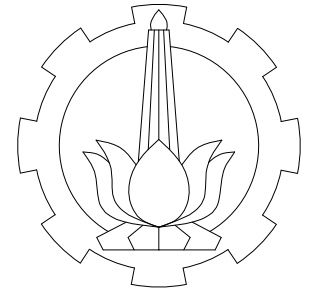
7

JUML LEMBAR

48



DENAH LANTAI 2
 SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LT.3 DAN LT.5

1 : 150

KODE GAMBAR

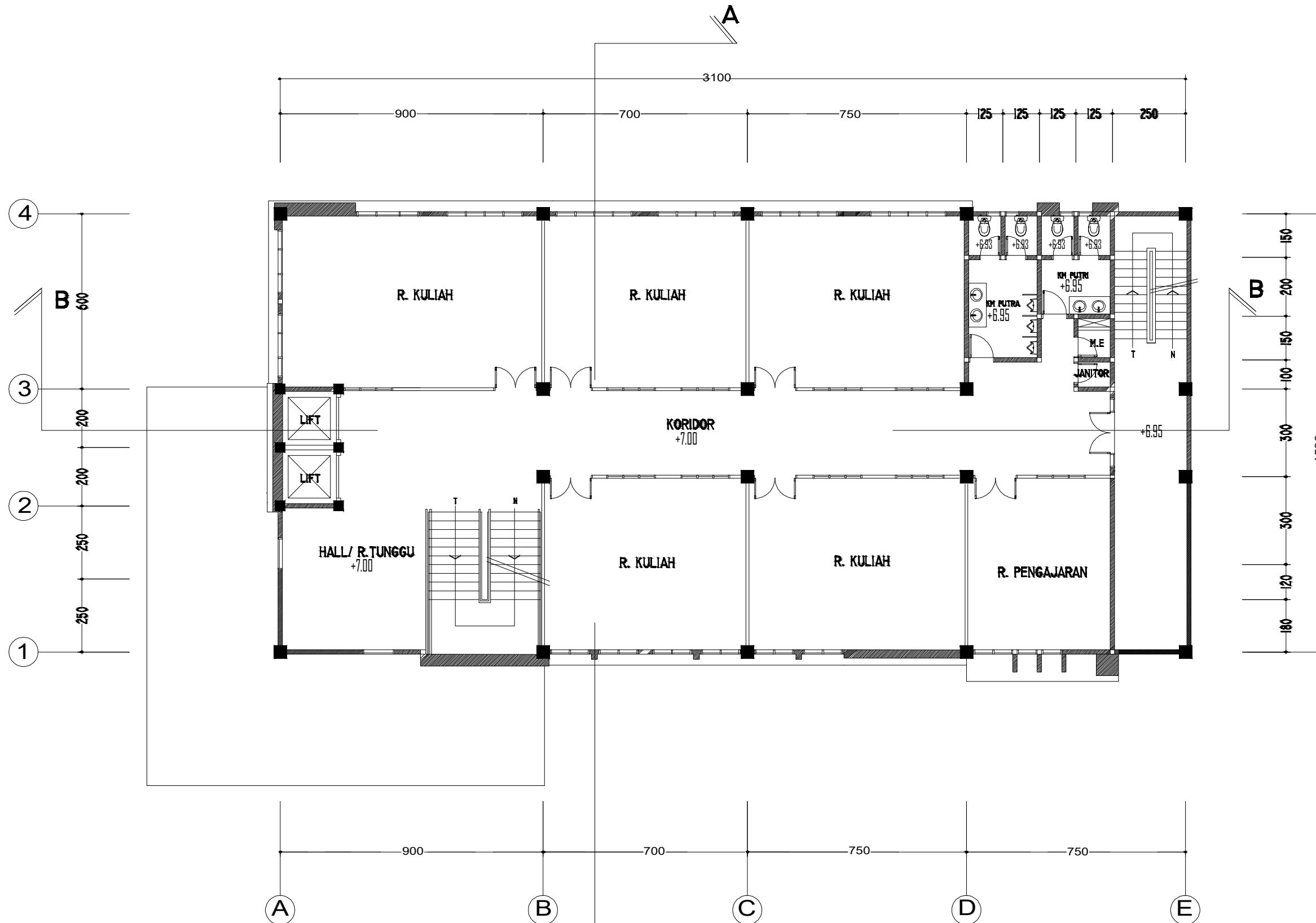
ARS

NO LEMBAR

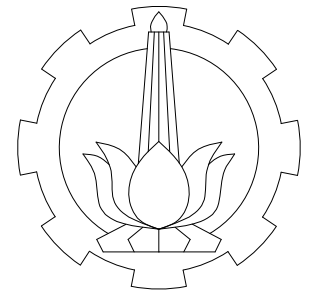
JUML LEMBAR

8

48



DENAH LANTAI 3 DAN 5
 SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LT.4

1 : 150

KODE GAMBAR

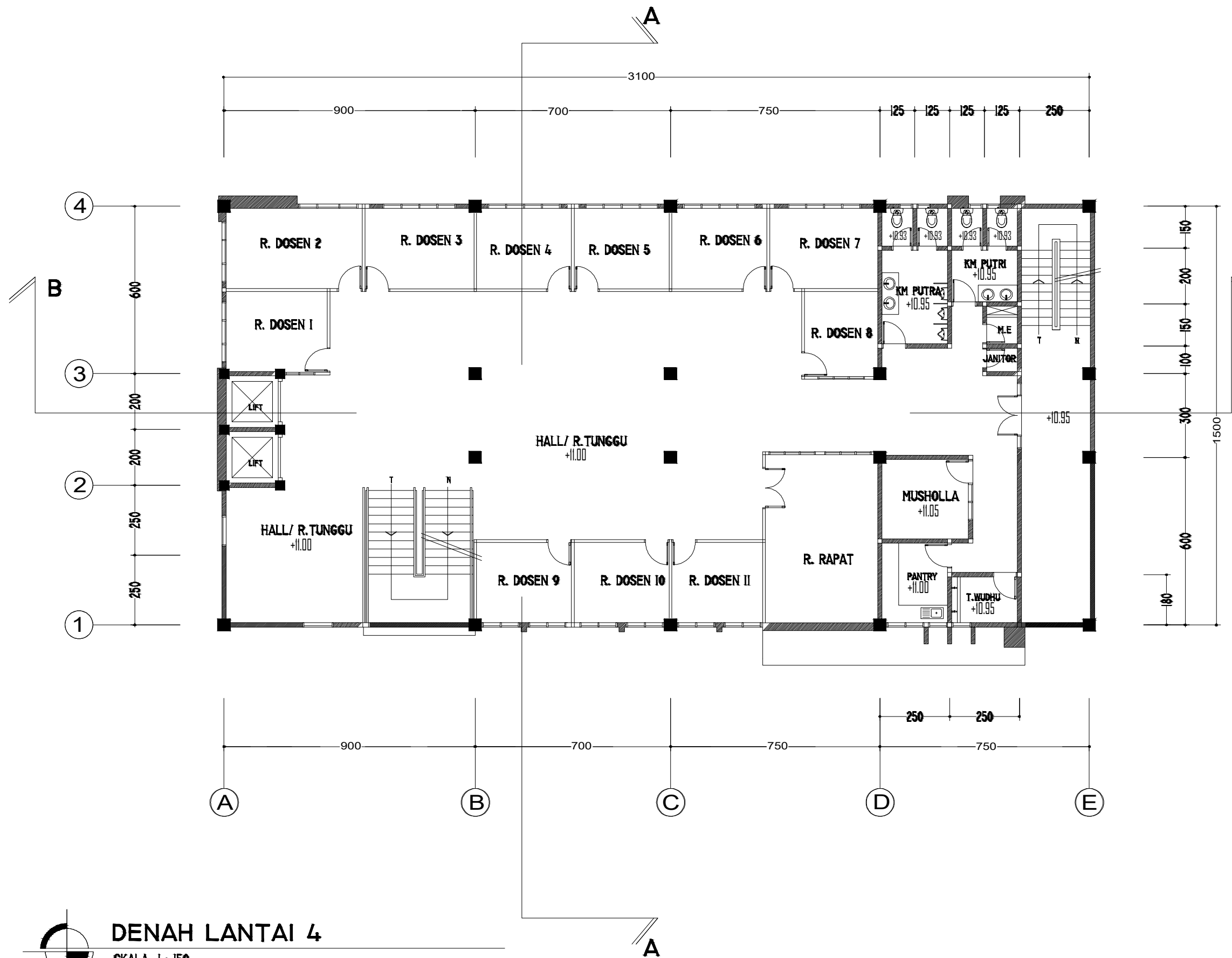
ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

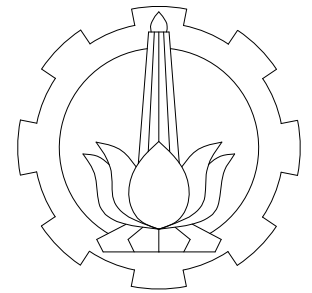
9

48



DENAH LANTAI 4

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LT.6

1 : 150

KODE GAMBAR

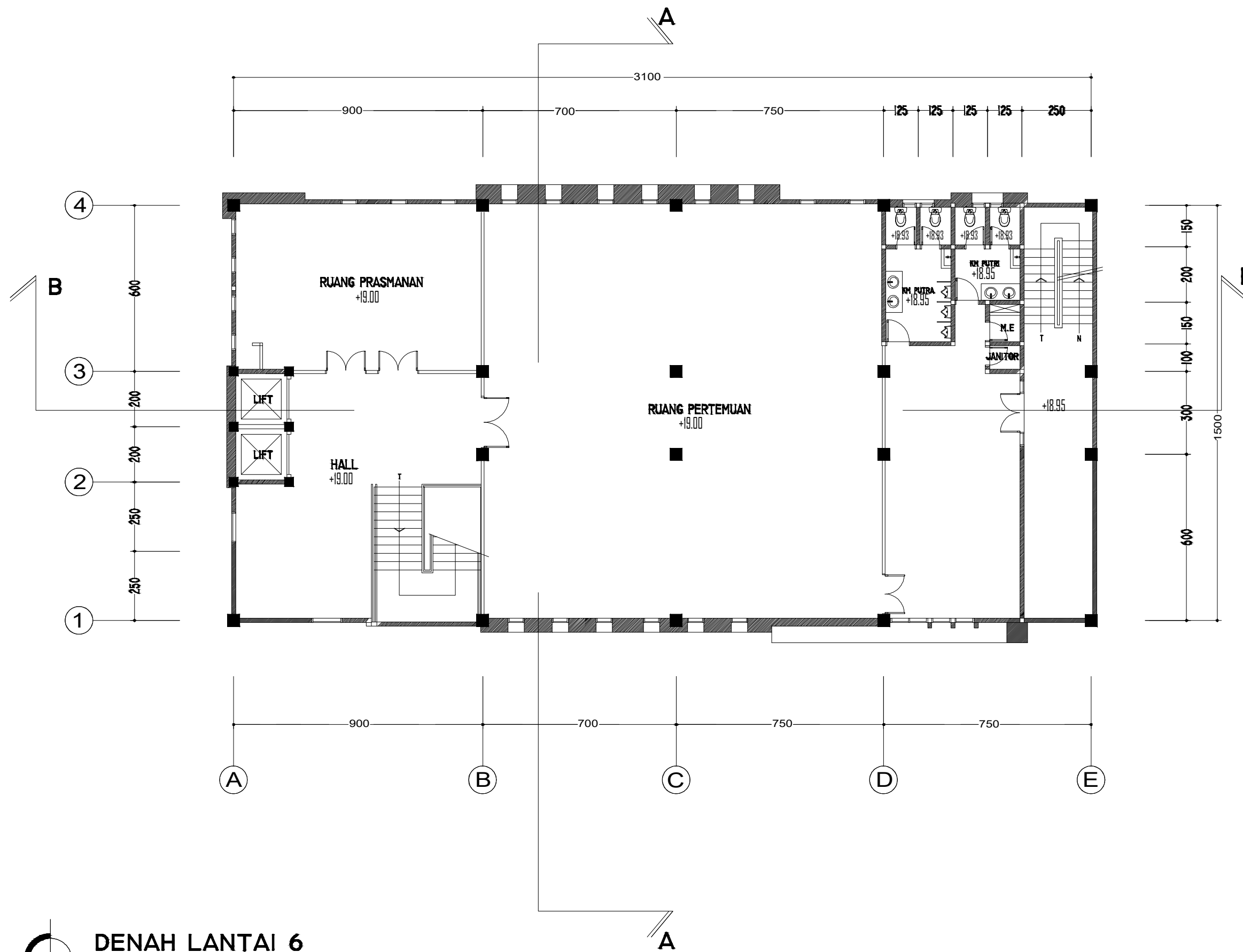
ARS

NO LEMBAR

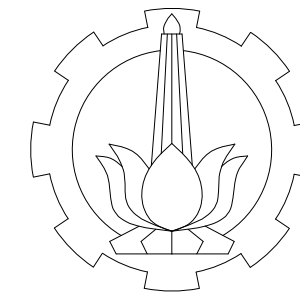
JUML LEMBAR

10

48



DENAH LANTAI 6
 SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PLAT ATAP

1 : 150

KODE GAMBAR

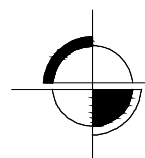
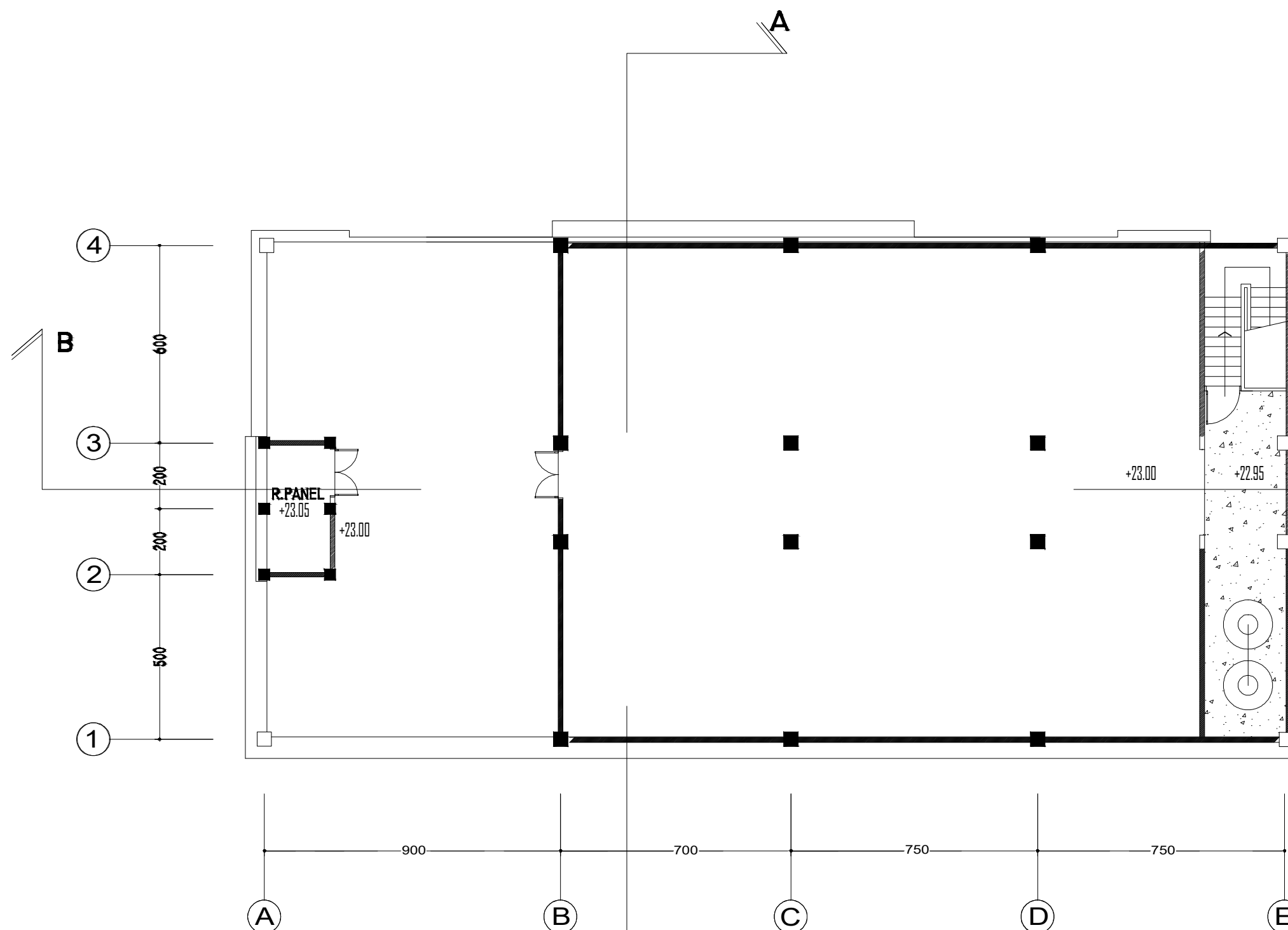
ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

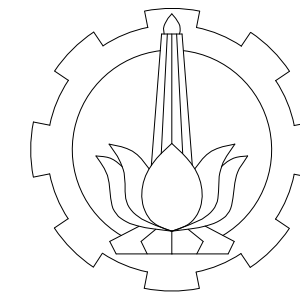
11

48



DENAH PLAT ATAP

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN A-A

1 : 200

KODE GAMBAR

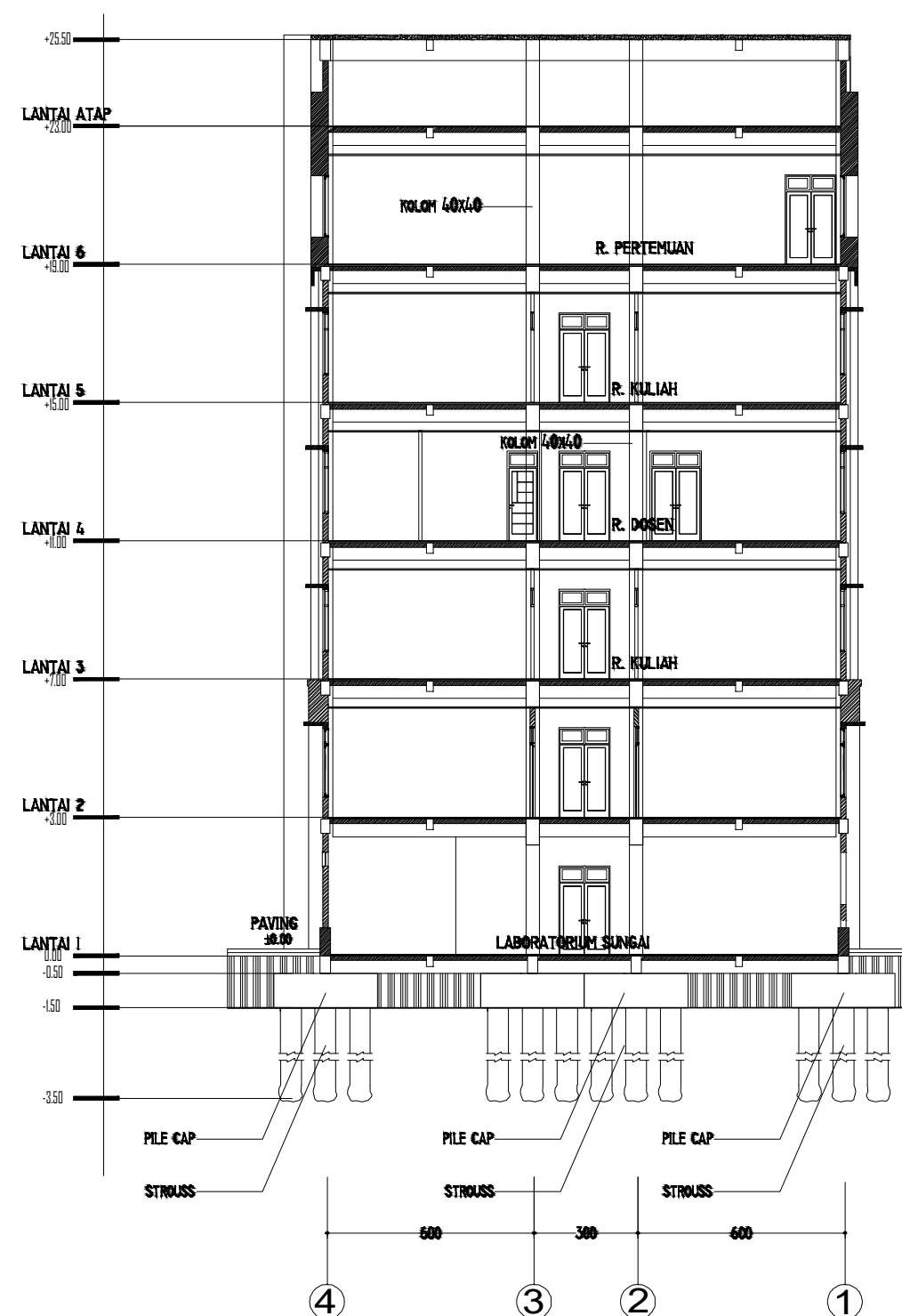
ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

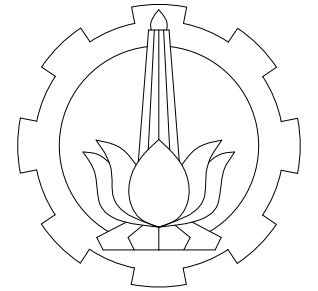
12

48



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS
 TEKNIK DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN B-B

1 : 200

KODE GAMBAR

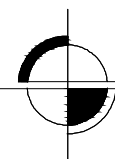
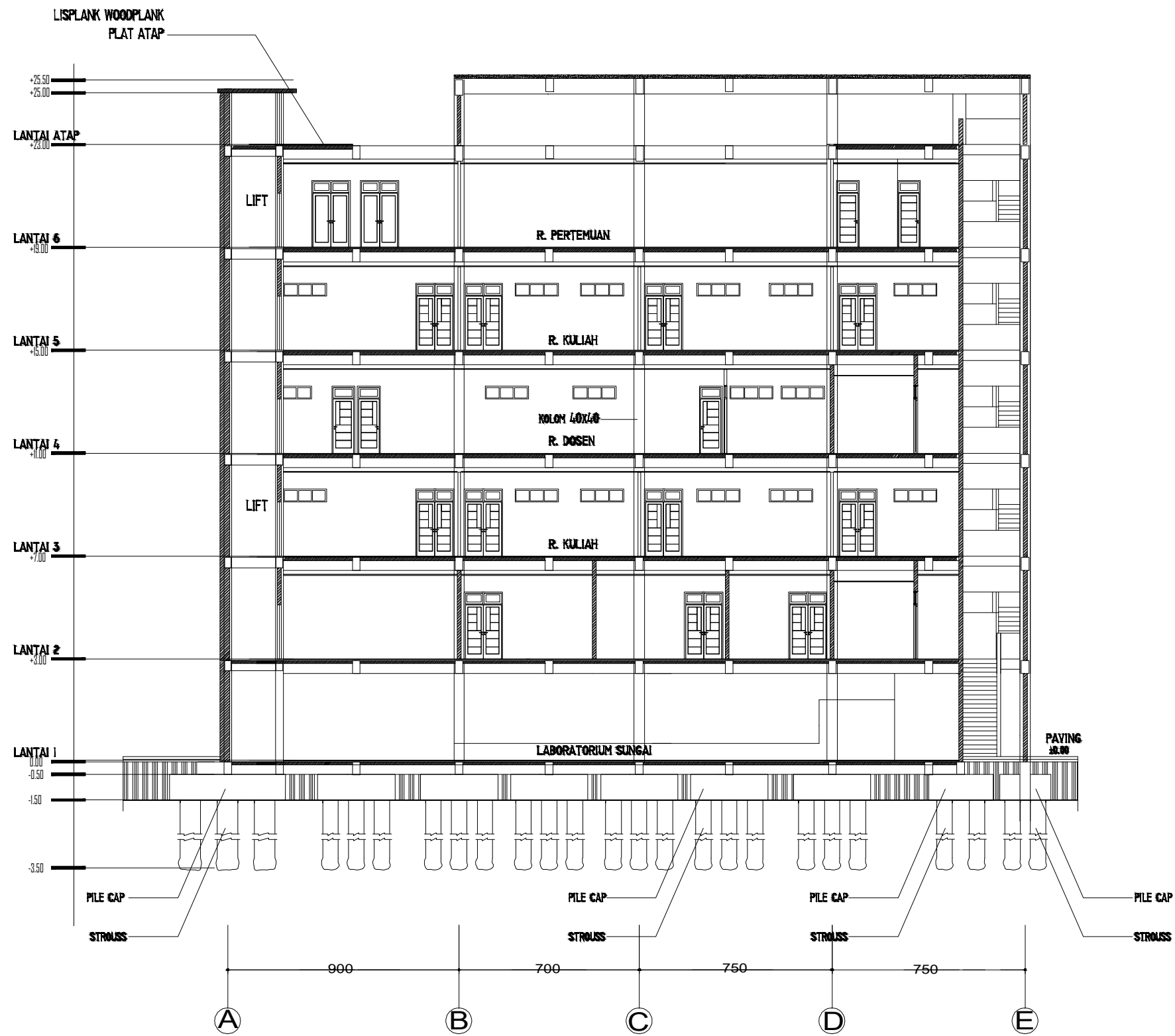
ARS

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

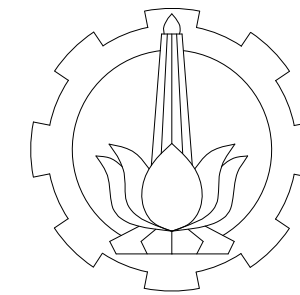
13

48



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Kolom Lt.1 -
 Lt.Atap

1 : 100

KODE GAMBAR

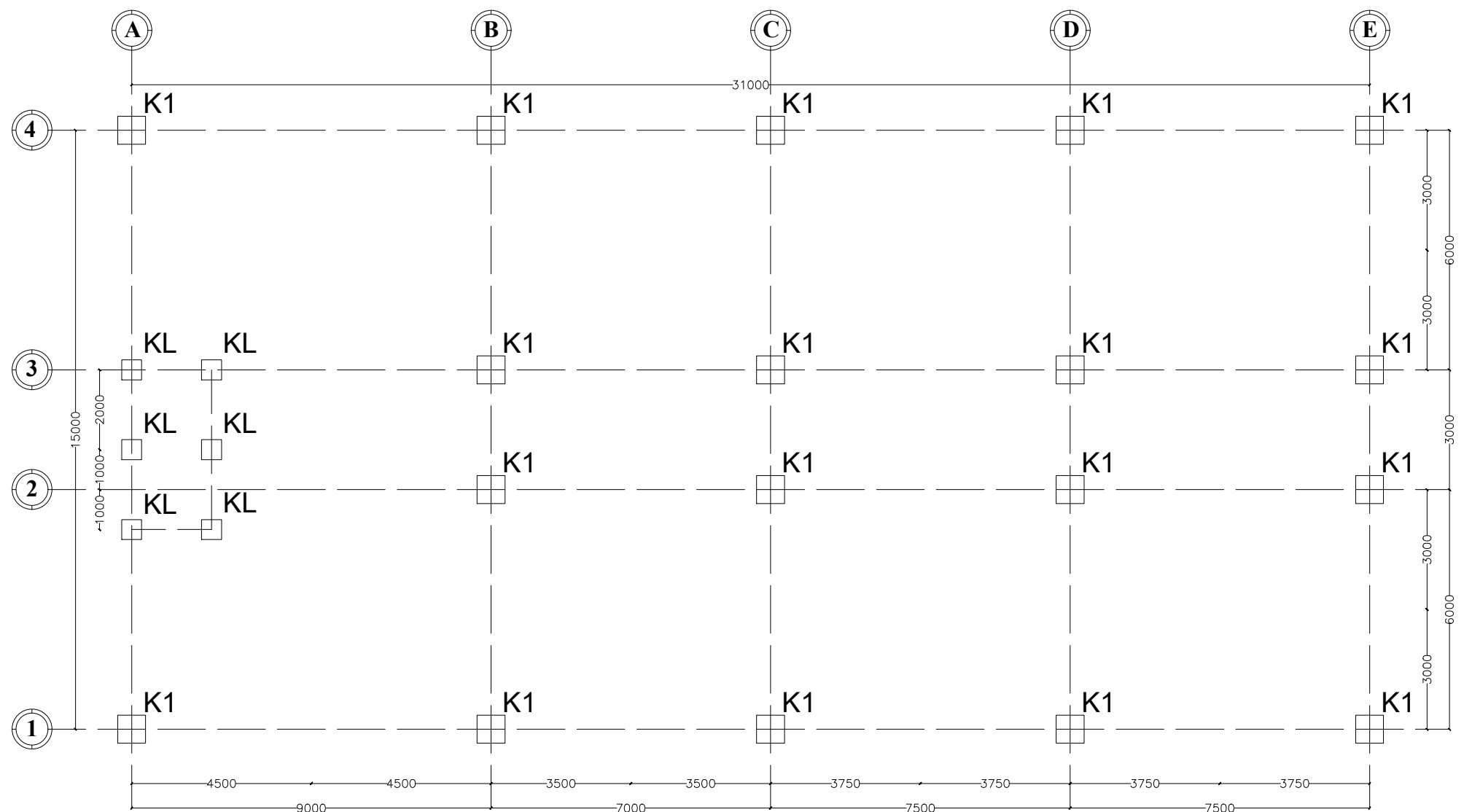
STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

14

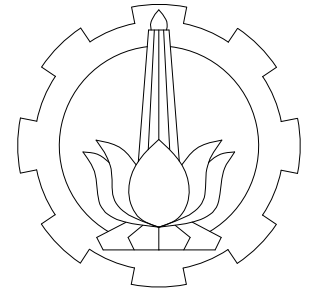
48



Denah Kolom Lt.1 -Lt.Atap
 Skala 1:100

KETERANGAN

- K1 : 700 X 700
- KL : 500 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.1

1 : 100

KODE GAMBAR

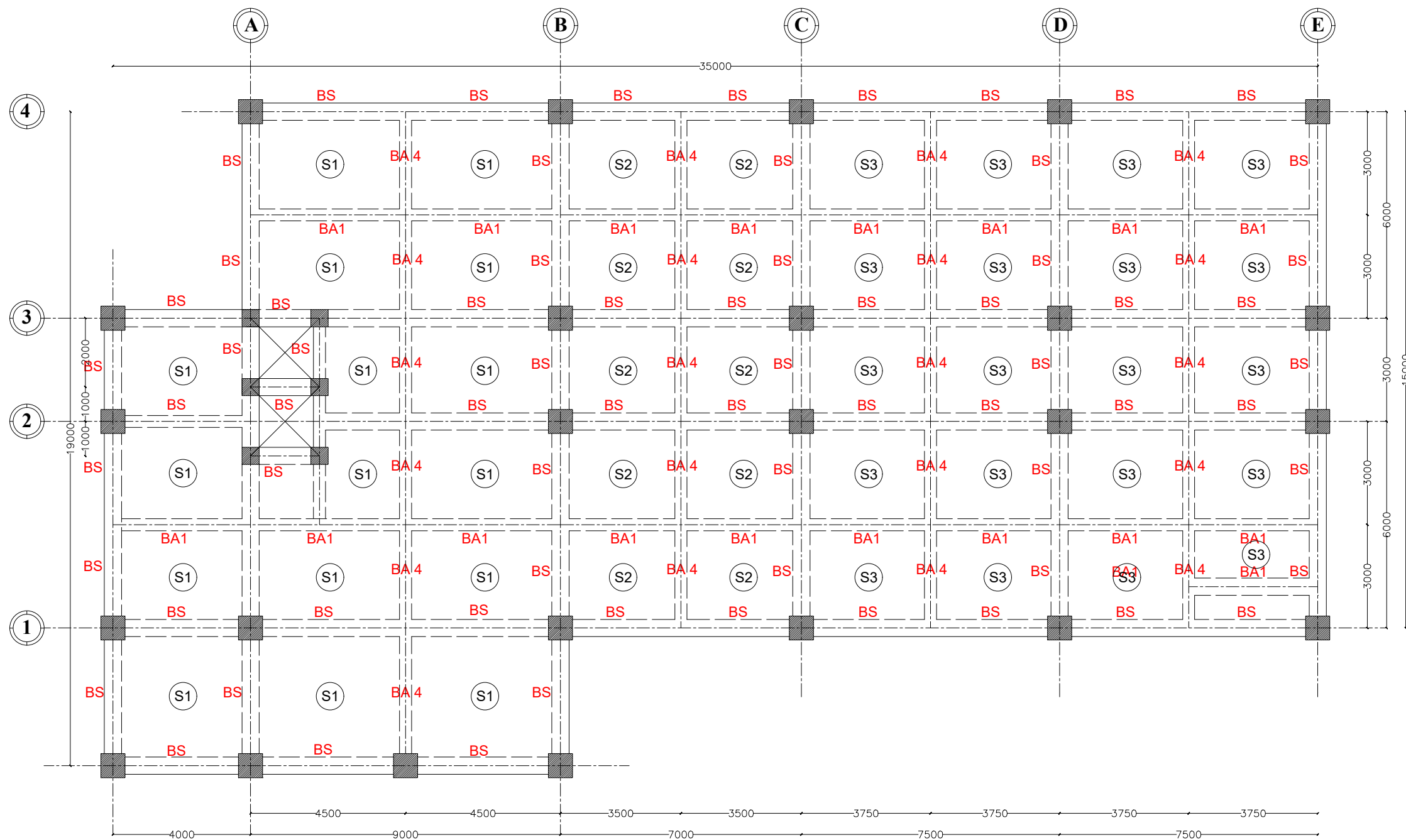
STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

15

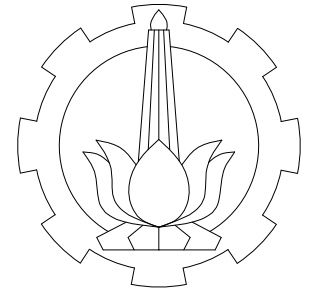
48



Denah Pembalokan Lt.1 +0.00
 Skala 1:100

KETERANGAN

- BS : 500 X 750
- BA 1 : 350 X 500
- BA 4 : 350 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.2

1 : 100

KODE GAMBAR

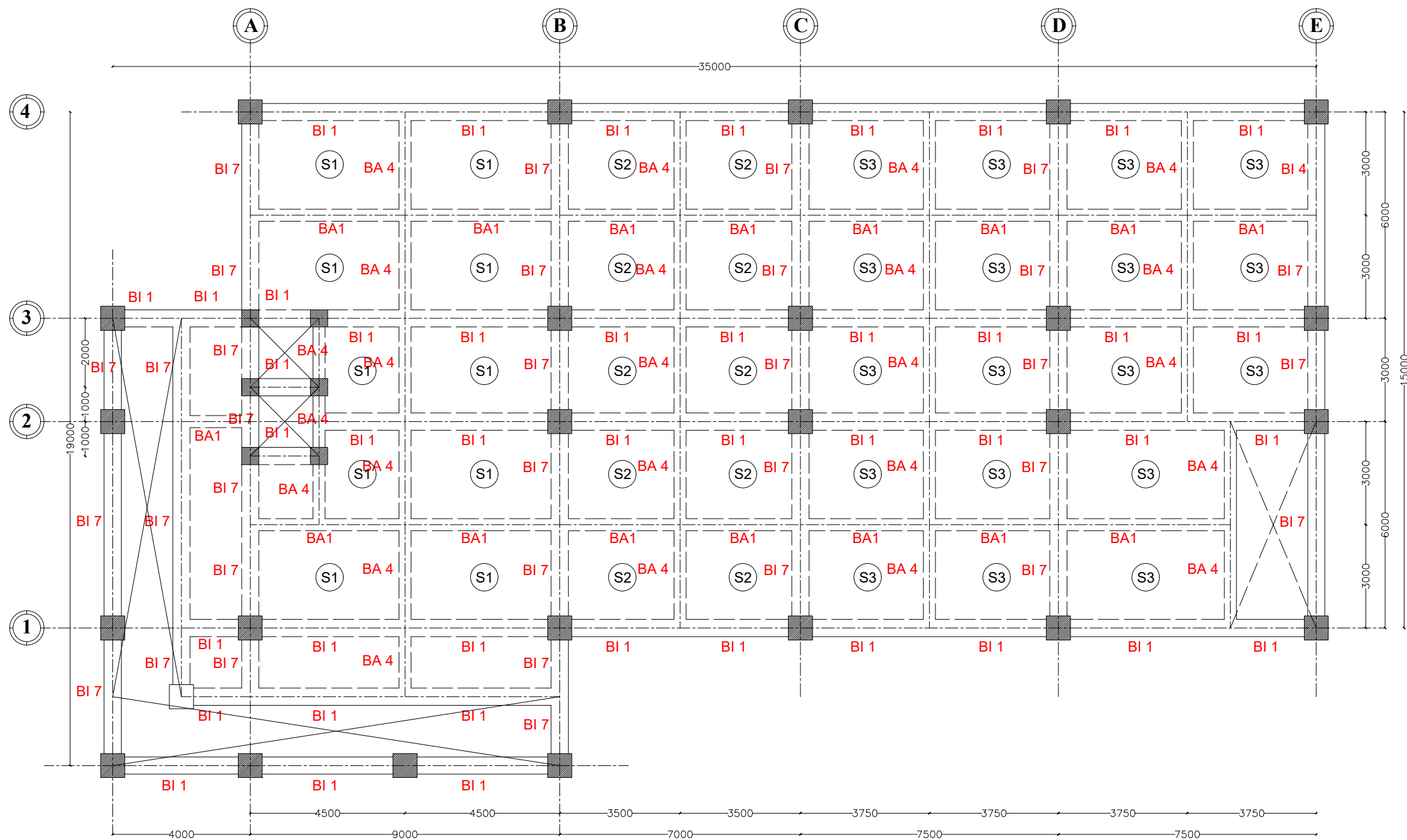
STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

16

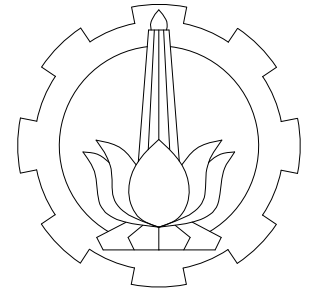
48



Denah Pembalokan Lt.2 +3.00
 Skala 1:100

KETERANGAN

- BI 1 : 500 X 750
- BI 4 : 500 X 750
- BA 1 : 350 X 500
- BA 4 : 350 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.3

1 : 100

KODE GAMBAR

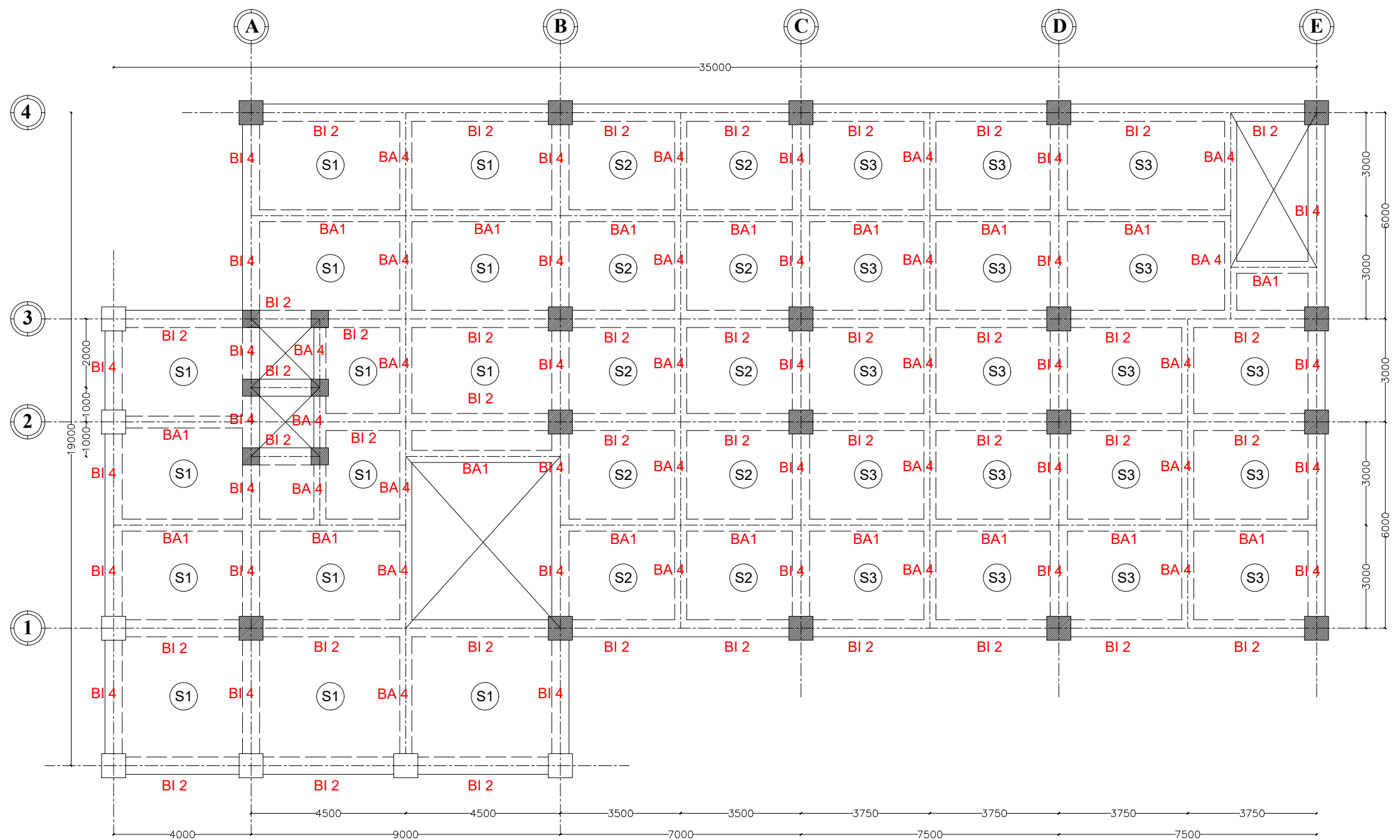
STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

17

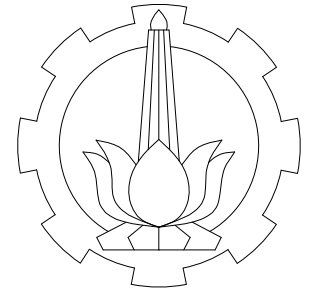
48



Denah Pembalokan Lt.3 +7.00
 Skala 1:100

KETERANGAN

- BI 2 : 500 X 750
- BI 4 : 500 X 750
- BA 1 : 350 X 500
- BA 4 : 350 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.4

1 : 100

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

18

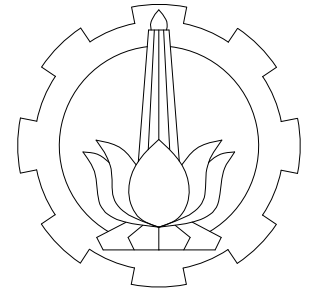
48



Denah Pembalokan Lt.4 +11.00
 Skala 1:100

KETERANGAN

- BI 2 : 500 X 750
- BI 4 : 500 X 750
- BA 1 : 350 X 500
- BA 4 : 350 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.5

1 : 100

KODE GAMBAR

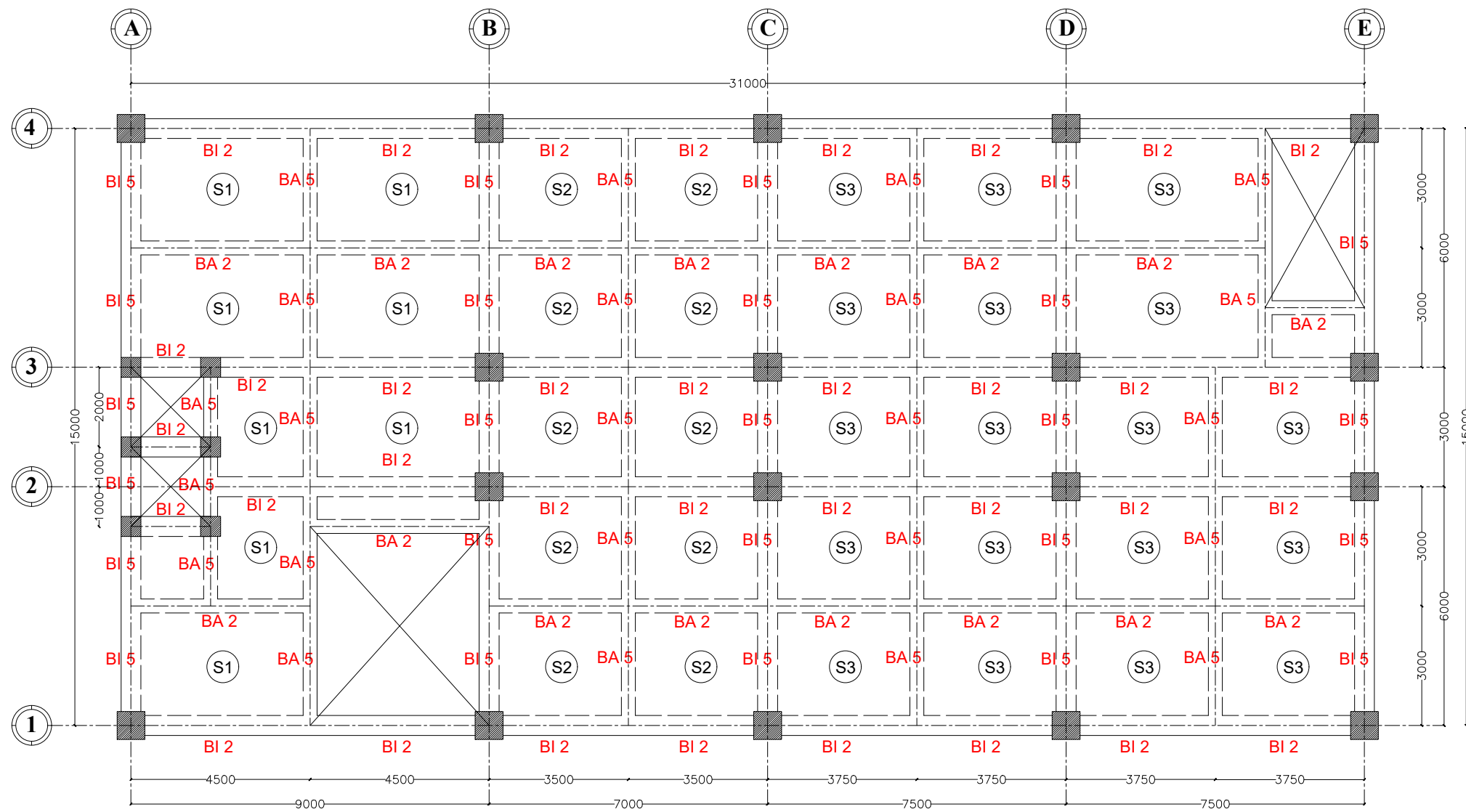
STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

19

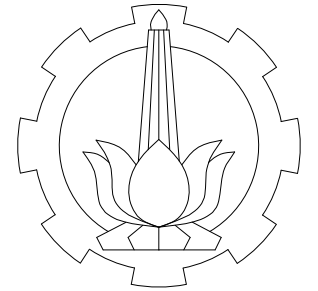
48



Denah Pembalokan Lt.5 +15.00
 Skala 1:100

KETERANGAN

- BI 2 : 500 X 750
- BI 5 : 500 X 750
- BA 2 : 350 X 500
- BA 5 : 350 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.6

1 : 100

KODE GAMBAR

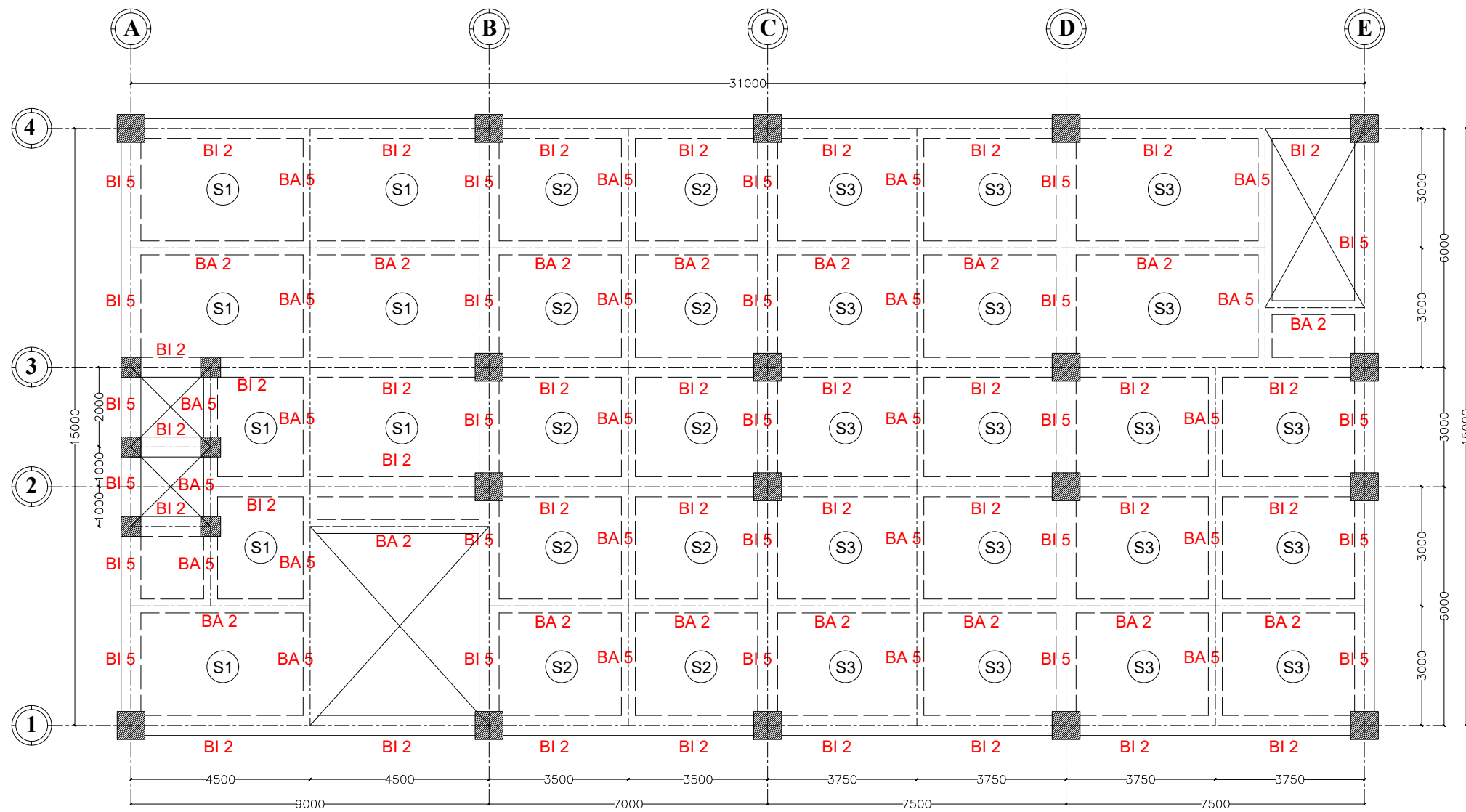
STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

20

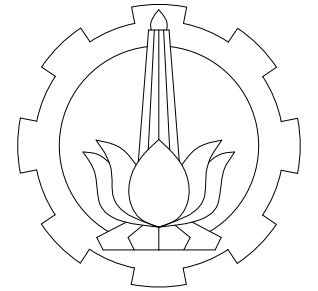
48



Denah Pembalokan Lt.6 +19.00
 Skala 1:100

KETERANGAN

- BI 2 : 500 X 750
- BI 5 : 500 X 750
- BA 2 : 350 X 500
- BA 5 : 350 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.ATAP

1 : 100

KODE GAMBAR

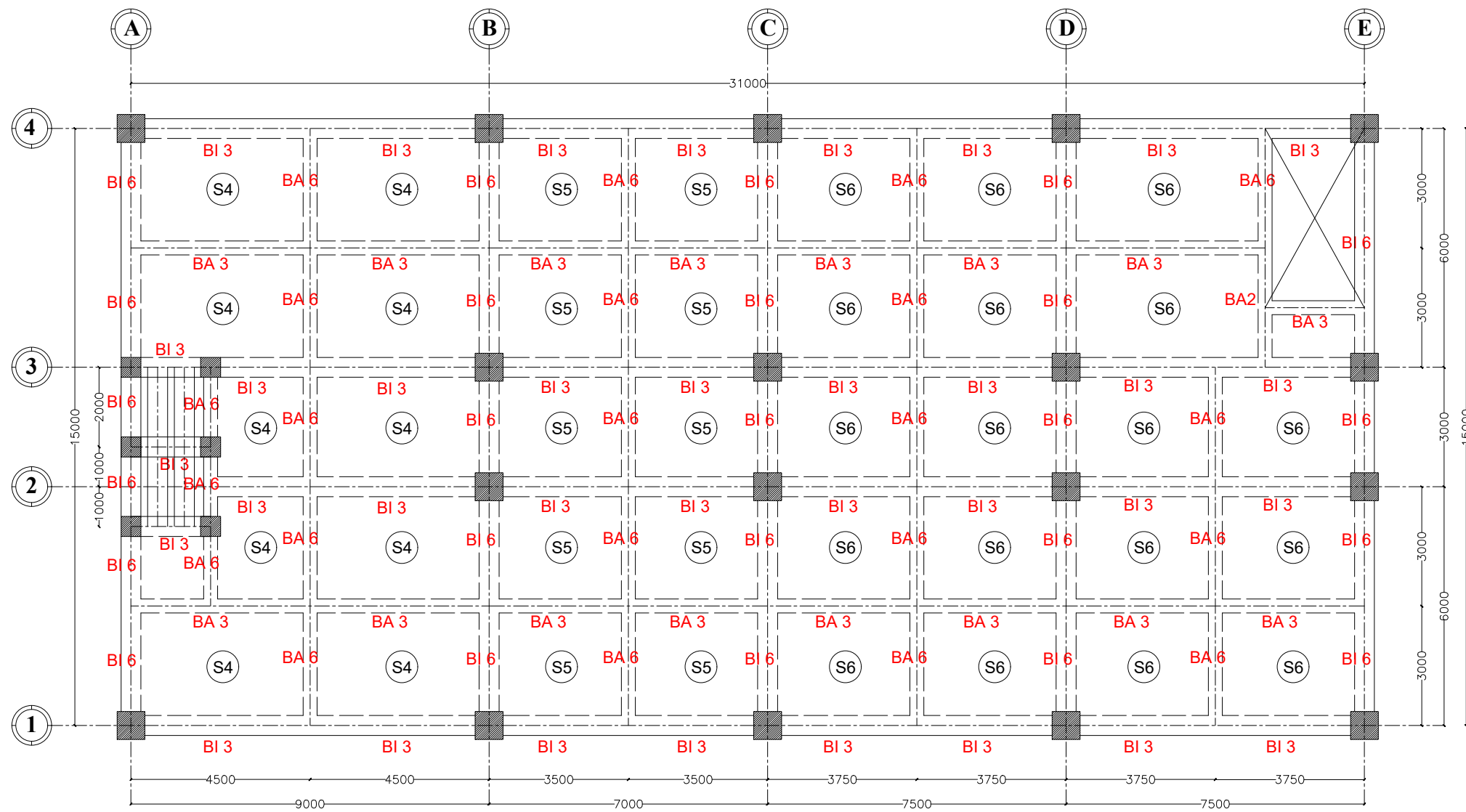
STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

21

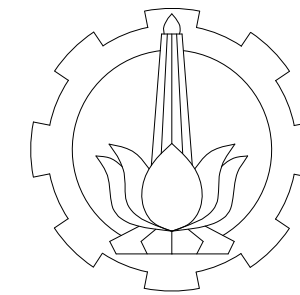
48



Denah Pembalokan Lt. Atap +23.00
 Skala 1:100

KETERANGAN

- BI 3 : 500 X 750
- BI 6 : 500 X 750
- BA 3 : 350 X 500
- BA 6 : 350 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.RoofTop

1 : 100

KODE GAMBAR

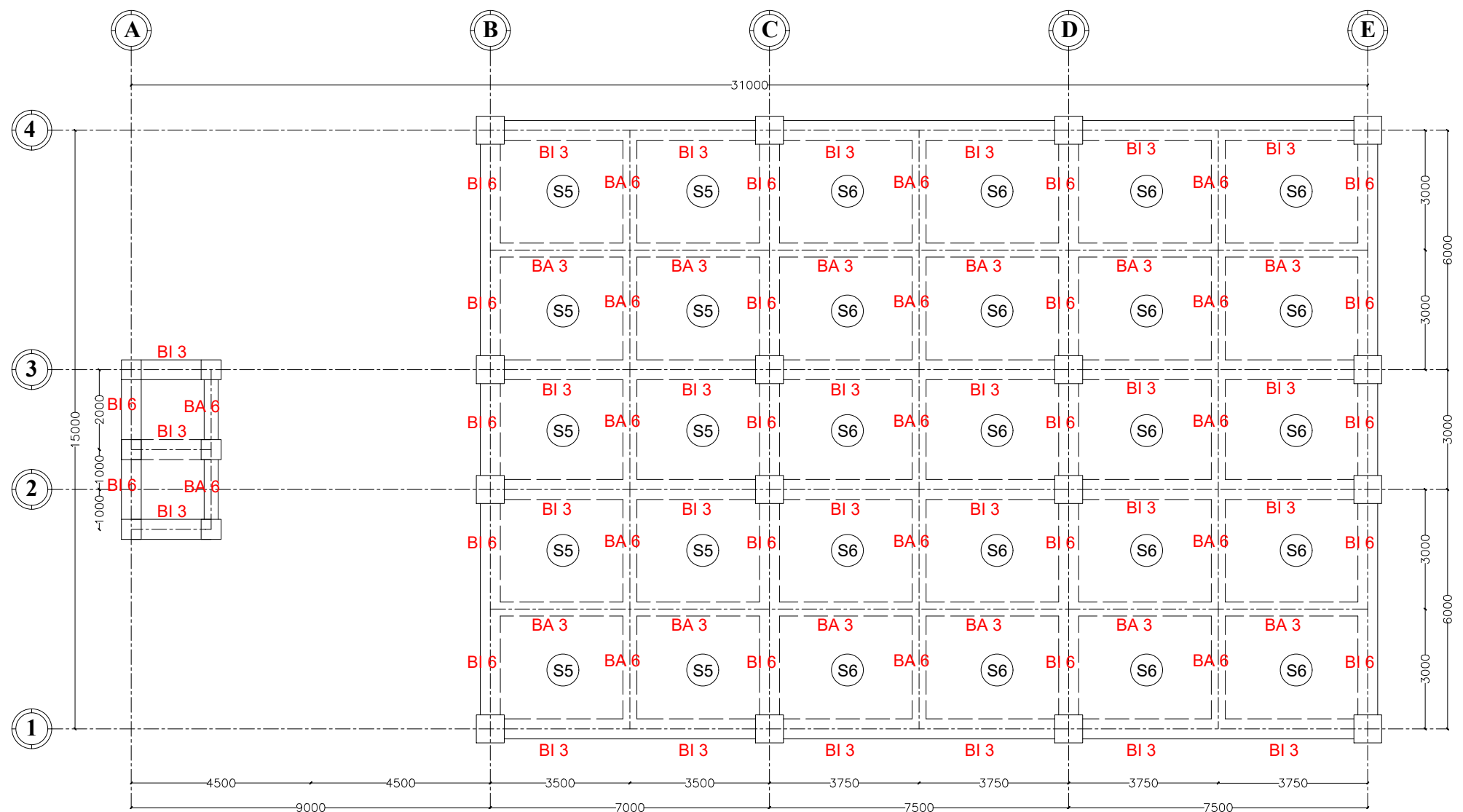
STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

22

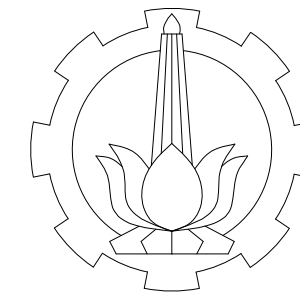
48



Denah Pembalokan Lt.Rooftop +25.50
 Skala 1:100

KETERANGAN

- BI 3 : 500 X 750
- BI 6 : 500 X 750
- BA 3 : 350 X 500
- BA 6 : 350 X 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Detail Balok

1 : 25

KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR

JUML LEMBAR

23

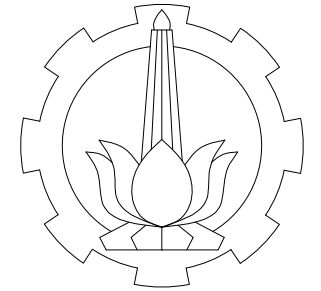
48

NOTASI	BI 1		BI 2		BI 3			
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN		
GAMBAR								
	DIMENSI	500 X 750	500 X 750	500 X 750	500 X 750	500 X 750	500 X 750	
	TULANGAN ATAS	12 D 22	3 D 22	8 D 22	2 D 22	6 D 22	2 D 22	
	TULANGAN TENGAH	4 D 16	4 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	
	TULANGAN BAWAH	4 D 22	6 D 22	4 D 22	5 D 22	2 D 22	3 D 22	
	SENGKANG	Ø 12-100mm	Ø 12-150mm	Ø 12-100mm	Ø 12-150mm	Ø 12-100mm	Ø 12-150mm	
NOTASI	BI 4		BI 5		BI 6		BI 7	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR								
	DIMENSI	500 X 750	500 X 750	500 X 750	500 X 750	500 X 750	500 X 750	500 X 750
	TULANGAN ATAS	10 D 22	2 D 22	8 D 22	2 D 22	5 D 22	2 D 22	10 D 22
	TULANGAN TENGAH	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	4 D 16
	TULANGAN BAWAH	4 D 22	6 D 22	4 D 22	5 D 22	2 D 22	4 D 22	4 D 22
	TULANGAN BAWAH	4 D 22	6 D 22	4 D 22	5 D 22	2 D 22	4 D 22	6 D 22
SENGKANG	Ø 12-100mm	Ø 12-150mm	Ø 12-100mm	Ø 12-150mm	Ø 12-100mm	Ø 12-150mm	Ø 12-100mm	Ø 12-150mm

NOTASI	BB 1		BB 2		BB 3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR						
DIMENSI	350 X 500	350 X 500	350 X 500	350 X 500	350 X 500	350 X 500
TULANGAN ATAS	4 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22	5 D 22	2 D 22
TULANGAN TENGAH	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16
TULANGAN BAWAH	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	2 D 22	3 D 22
SENGKANG	Ø 10-100mm	Ø 10-100mm	Ø 10-100mm	Ø 10-100mm	Ø 10-100mm	Ø 10-100mm

NOTASI	BL		BS	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR				
DIMENSI	500 X 750	500 X 750	500 X 750	500 X 750
TULANGAN ATAS	5 D 22	2 D 22	8 D 22	2 D 22
TULANGAN TENGAH	4 D 16	4 D 16	4 D 16	4 D 16
TULANGAN BAWAH	2 D 22	5 D 22	4 D 22	4 D 22
SENGKANG	Ø 10-100mm	Ø 10-150mm	Ø 10-100mm	Ø 10-150mm

NOTASI	K1	KL
GAMBAR		
DIMENSI	700 X 700	500 X 500
TULANGAN	12 D 25	8 D 25
SENGKANG	Ø 10-150mm	Ø 10-150mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR SKALA

Detail Balok dan Kolom

1 : 25

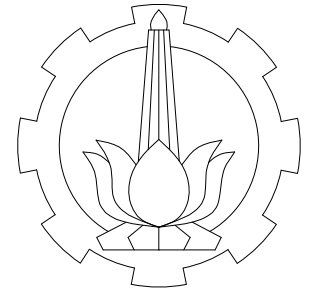
KODE GAMBAR

STR

NO LEMBAR JUML LEMBAR

25

48



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH PEMBALOKAN
 LT.1

1 : 100

KODE GAMBAR

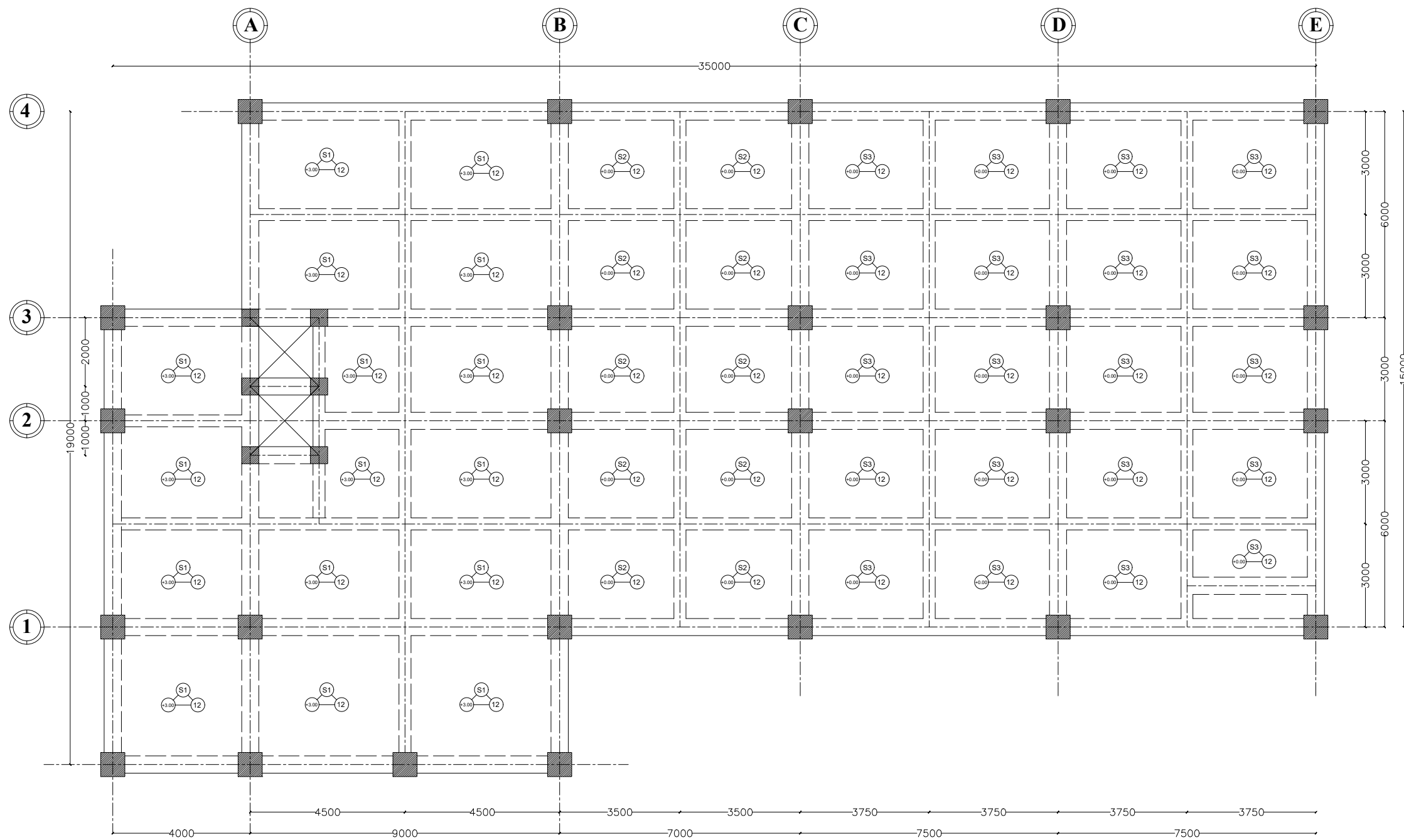
STR

NO LEMBAR

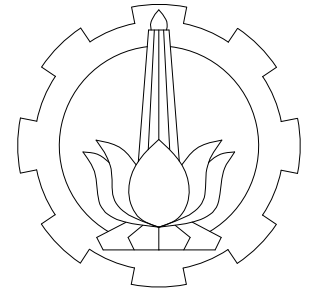
JUML LEMBAR

26

48



Denah Plat Lt.1 +0.00
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Plat Lt.2

1 : 100

KODE GAMBAR

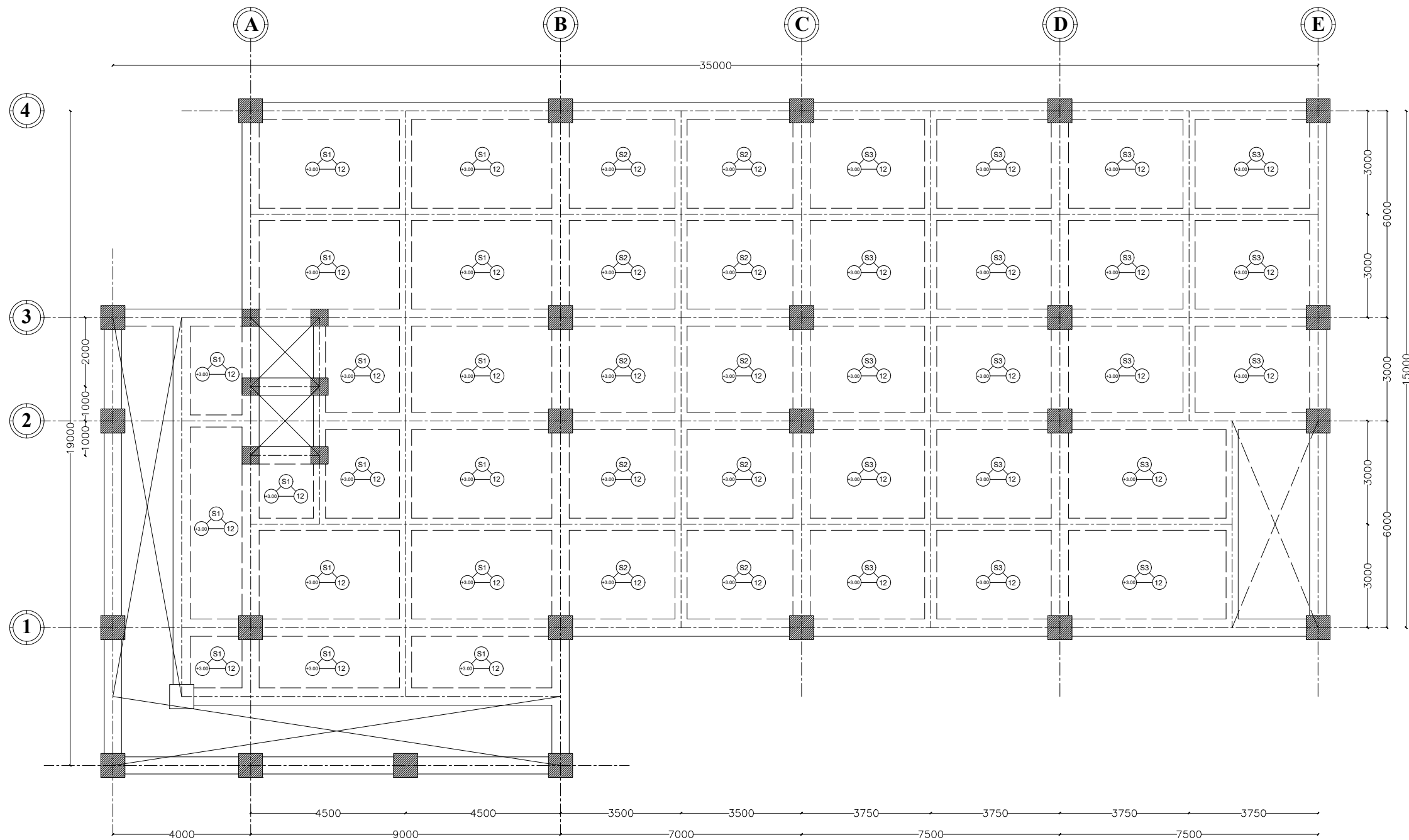
STR

NO LEMBAR

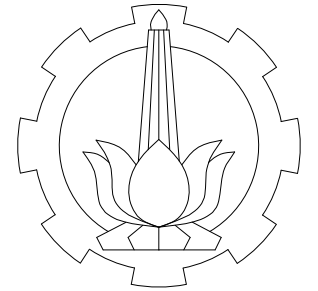
JUML LEMBAR

27

48



Denah Plat Lt.2 +3.00
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Plat Lt.3

1 : 100

KODE GAMBAR

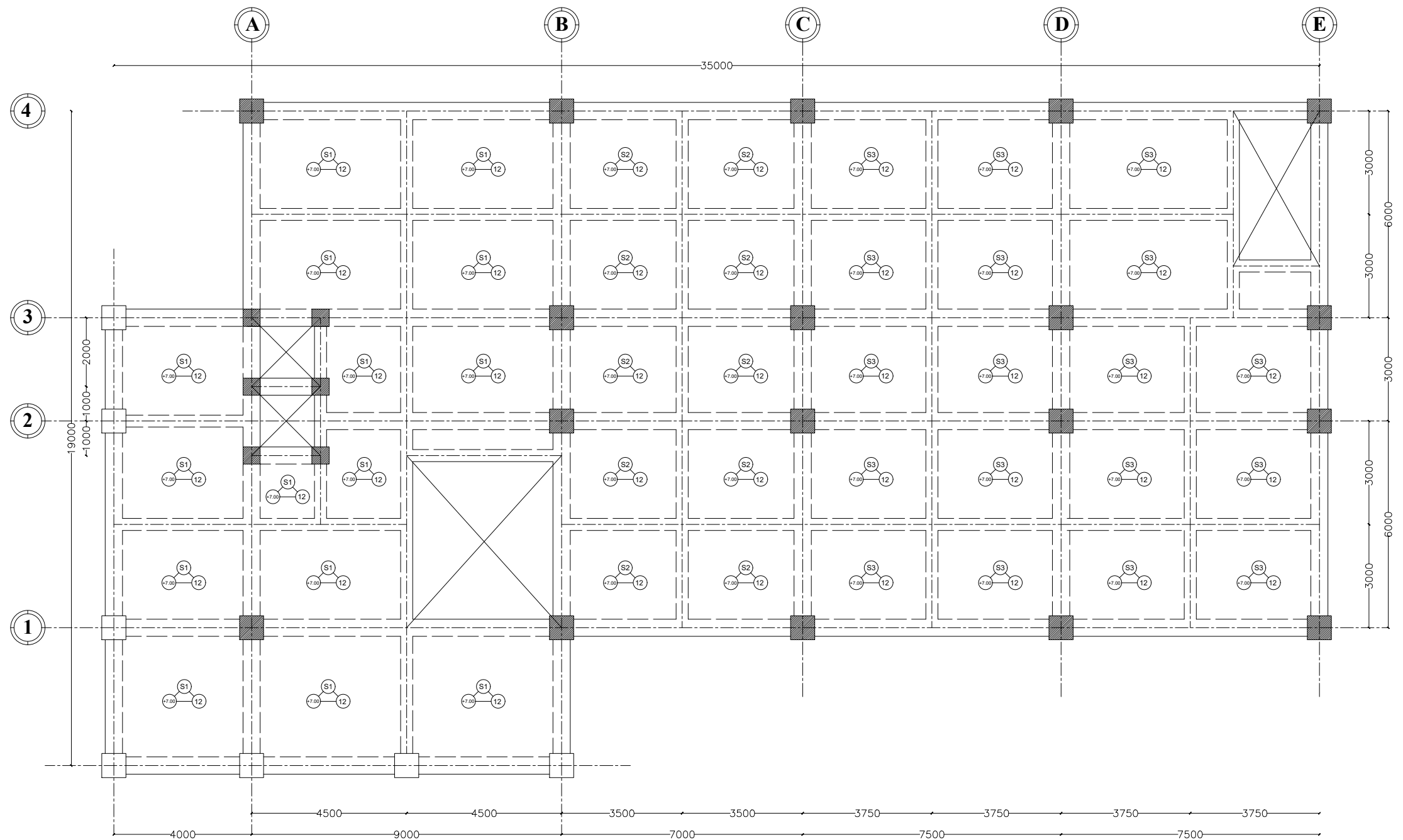
STR

NO LEMBAR

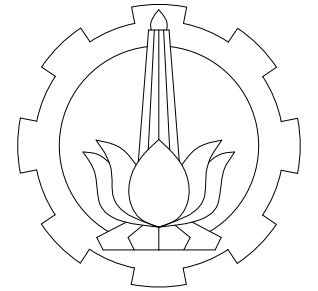
JUML LEMBAR

28

48



Denah Plat Lt.3 +7.00
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Plat Lt.4

1 : 100

KODE GAMBAR

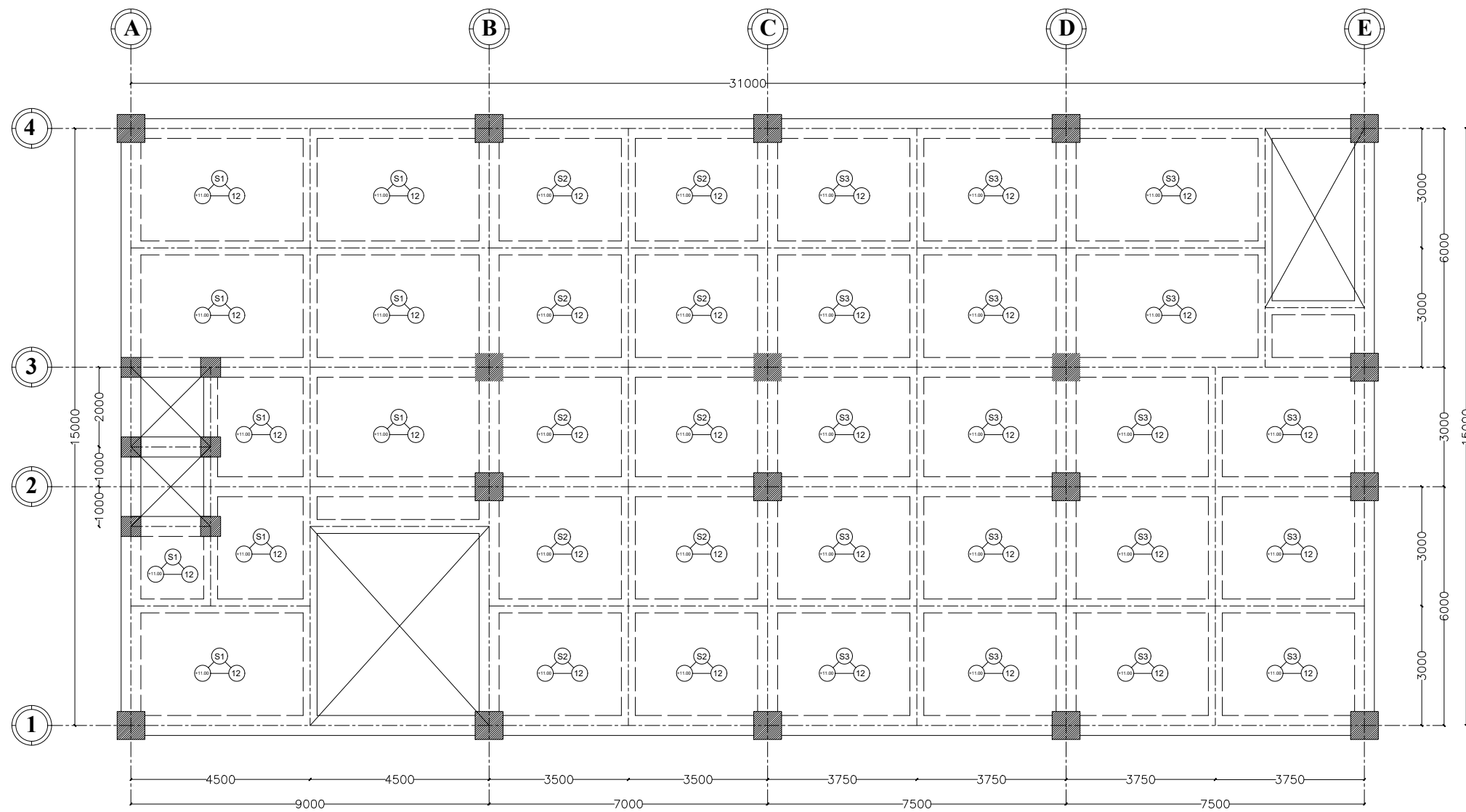
STR

NO LEMBAR

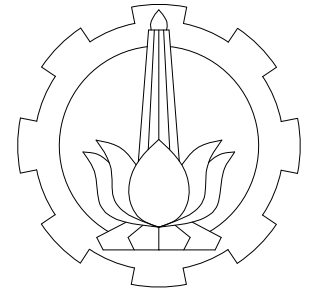
JUML LEMBAR

29

48



Denah Plat Lt.4 +11.00
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Plat Lt.5

1 : 100

KODE GAMBAR

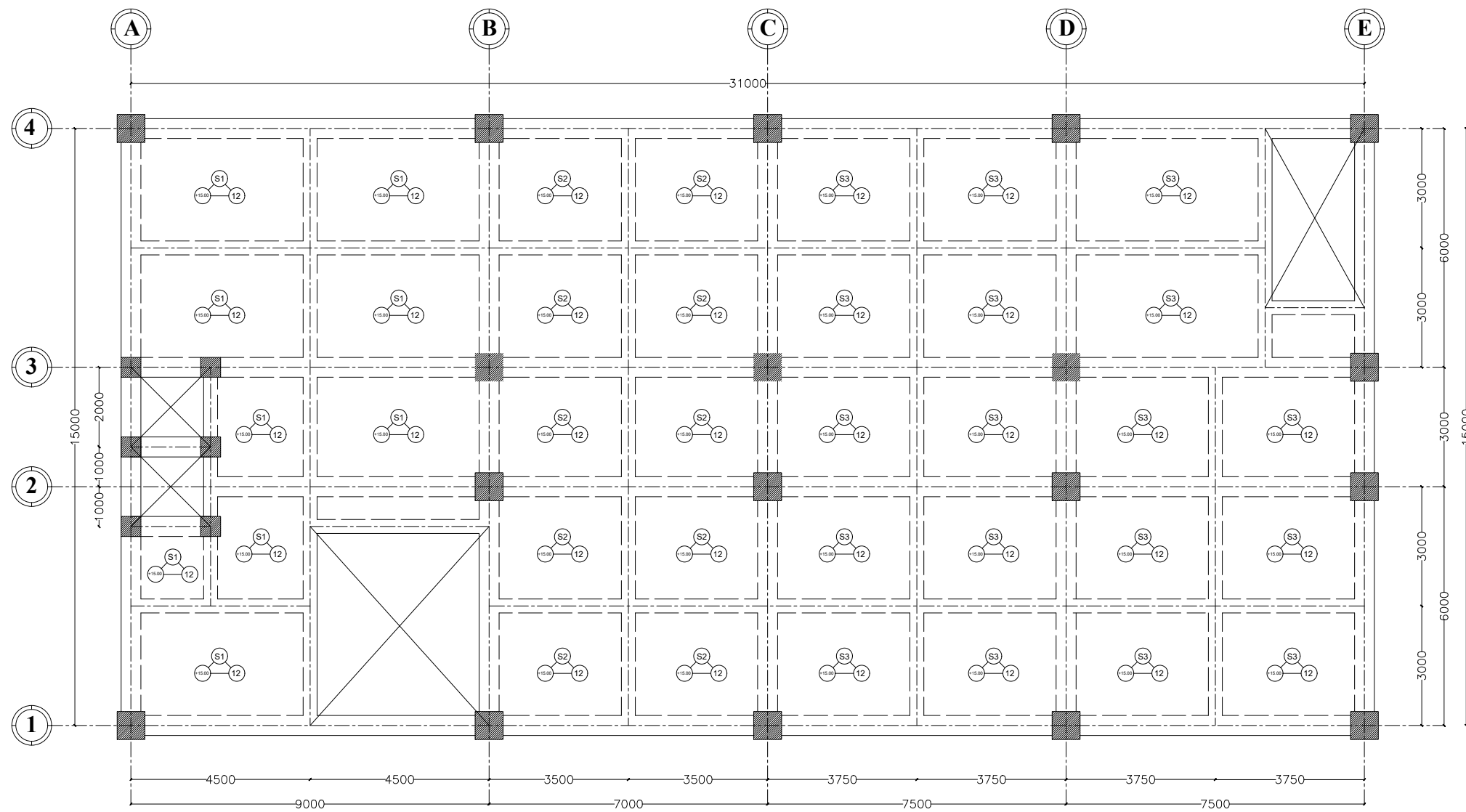
STR

NO LEMBAR

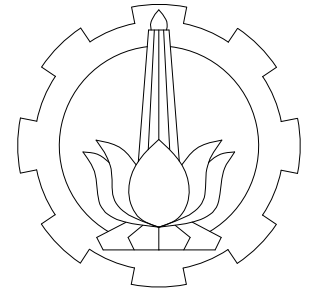
JUML LEMBAR

30

48



Denah Plat Lt.5 +15.00
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Plat Lt.6

1 : 100

KODE GAMBAR

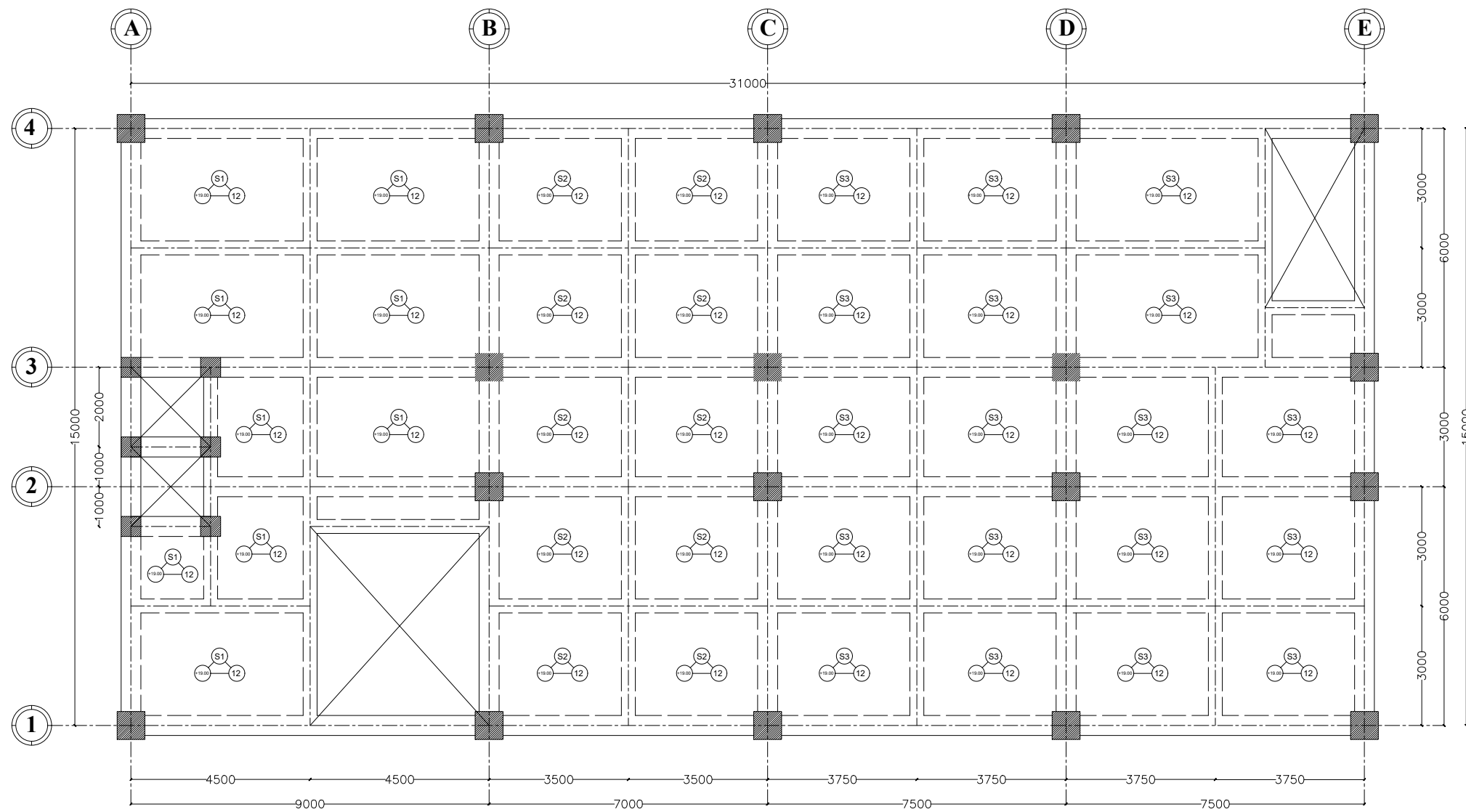
STR

NO LEMBAR

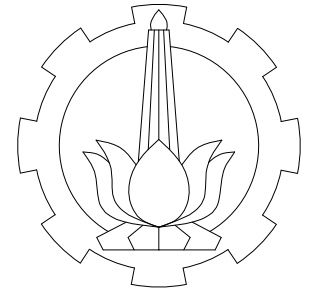
JUML LEMBAR

31

48



Denah Plat Lt.6 +19.00
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Plat Lt.Atap

1 : 100

KODE GAMBAR

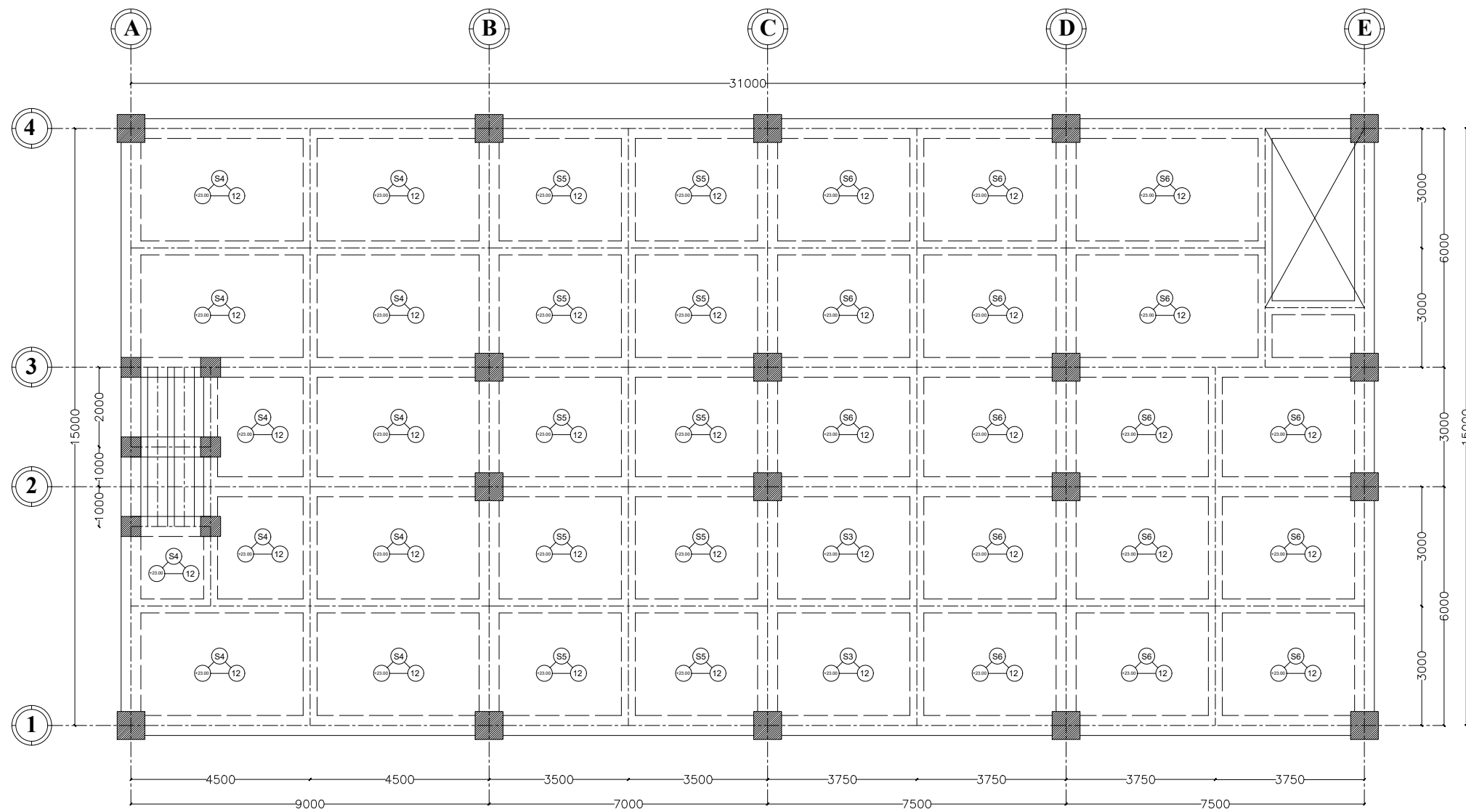
STR

NO LEMBAR

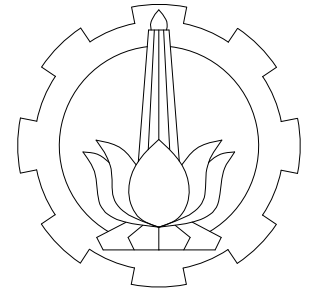
JUML LEMBAR

32

48



Denah Plat Lt. Atap +23.00
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Plat Lt.Rooftop

1 : 100

KODE GAMBAR

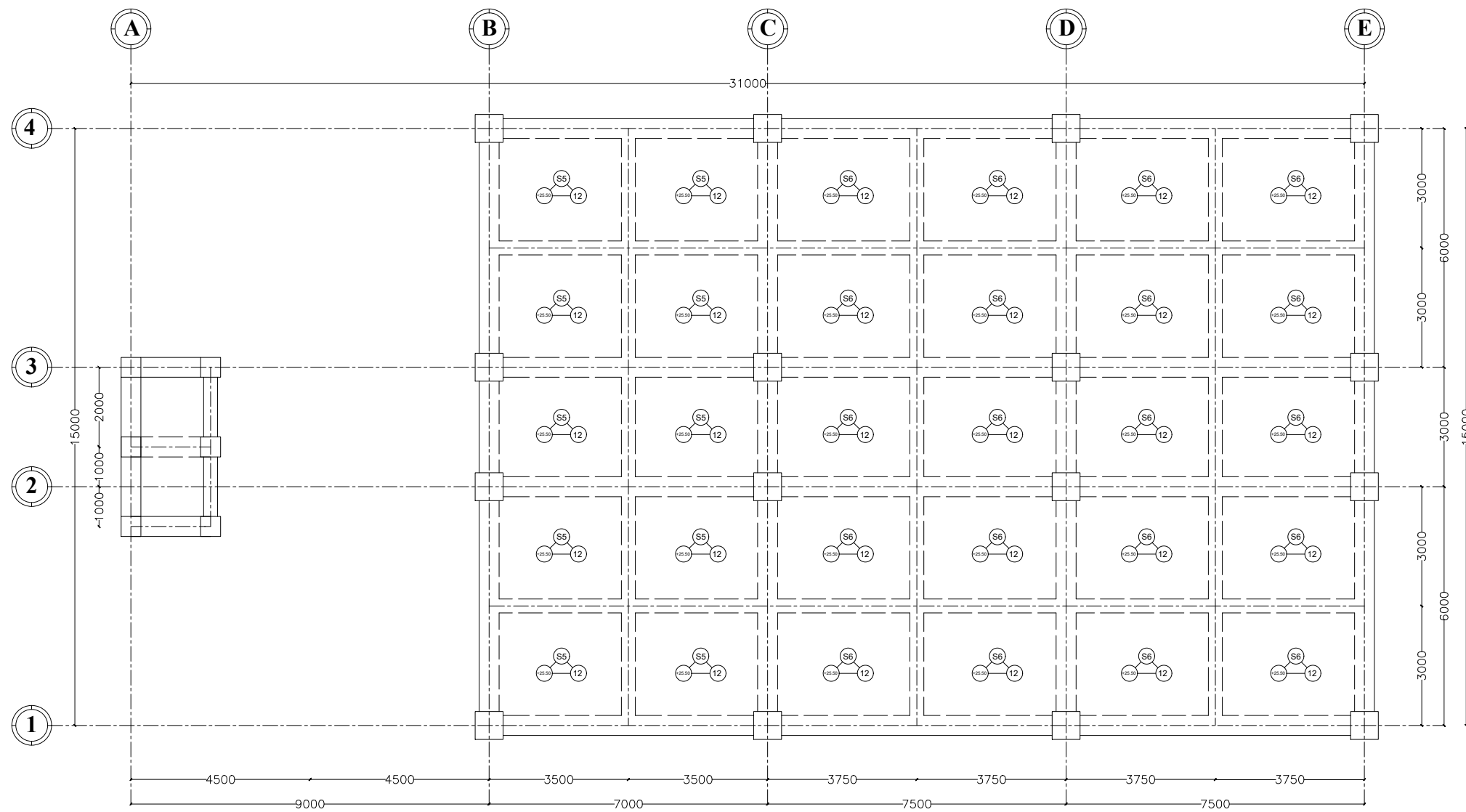
STR

NO LEMBAR

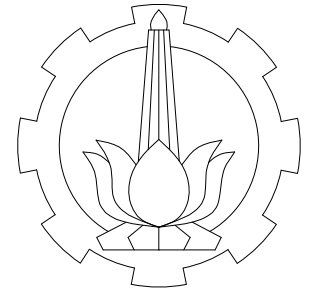
JUML LEMBAR

33

48



Denah Plat Lt.Rooftop +25.50
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Penulangan Plat
 Lt.2 +3.00

KODE GAMBAR

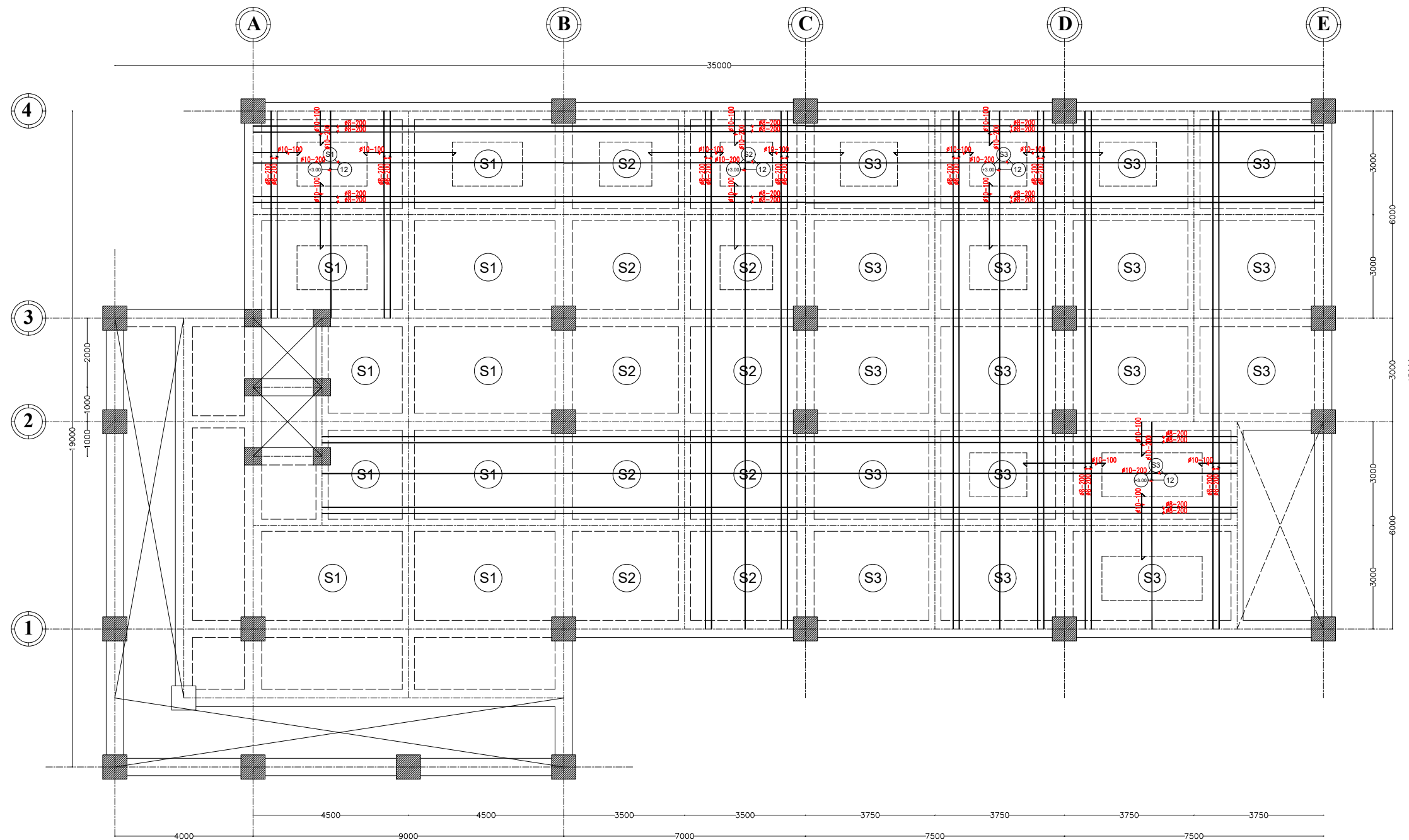
STR

NO LEMBAR

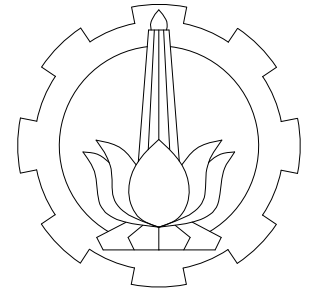
JUML LEMBAR

34

48



Denah Penulangan Plat Lt.2 +3.00
 Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Penulangan Plat
 Lt.3 +7.00

KODE GAMBAR

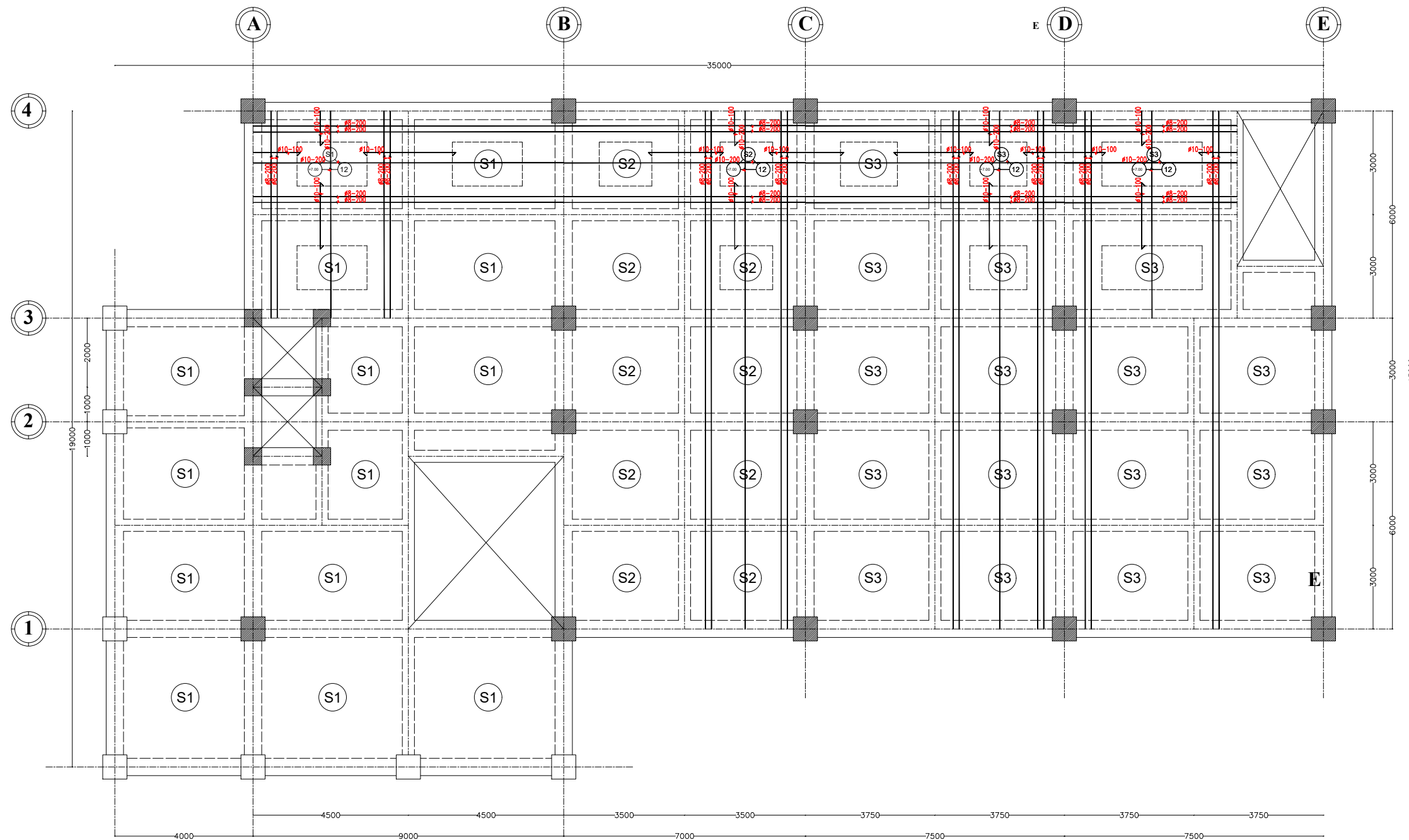
STR

NO LEMBAR

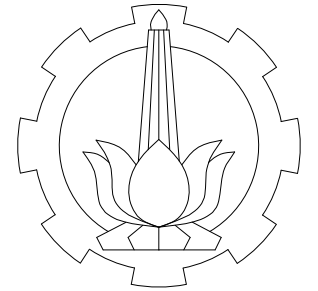
JUML LEMBAR

35

48



Denah Penulangan Plat Lt.3 +7.00
 Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Penulangan Plat
 Lt.4 +11.00

KODE GAMBAR

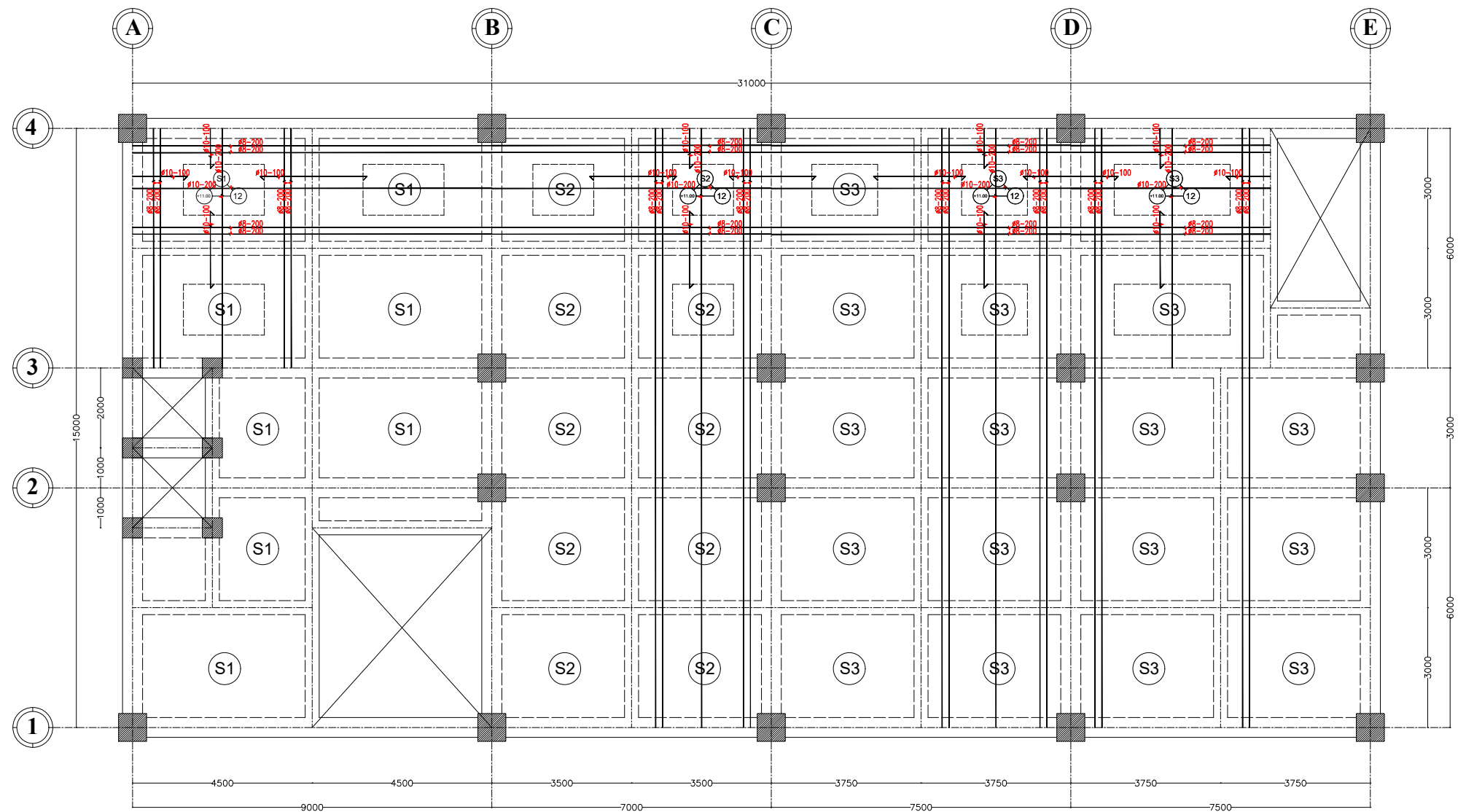
STR

NO LEMBAR

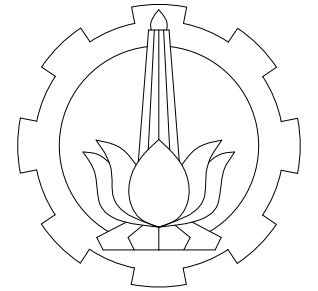
JUML LEMBAR

36

48



Denah Penulangan Plat Lt.4 +11.00
 Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Penulangan Plat
 Lt.5 +15.00

KODE GAMBAR

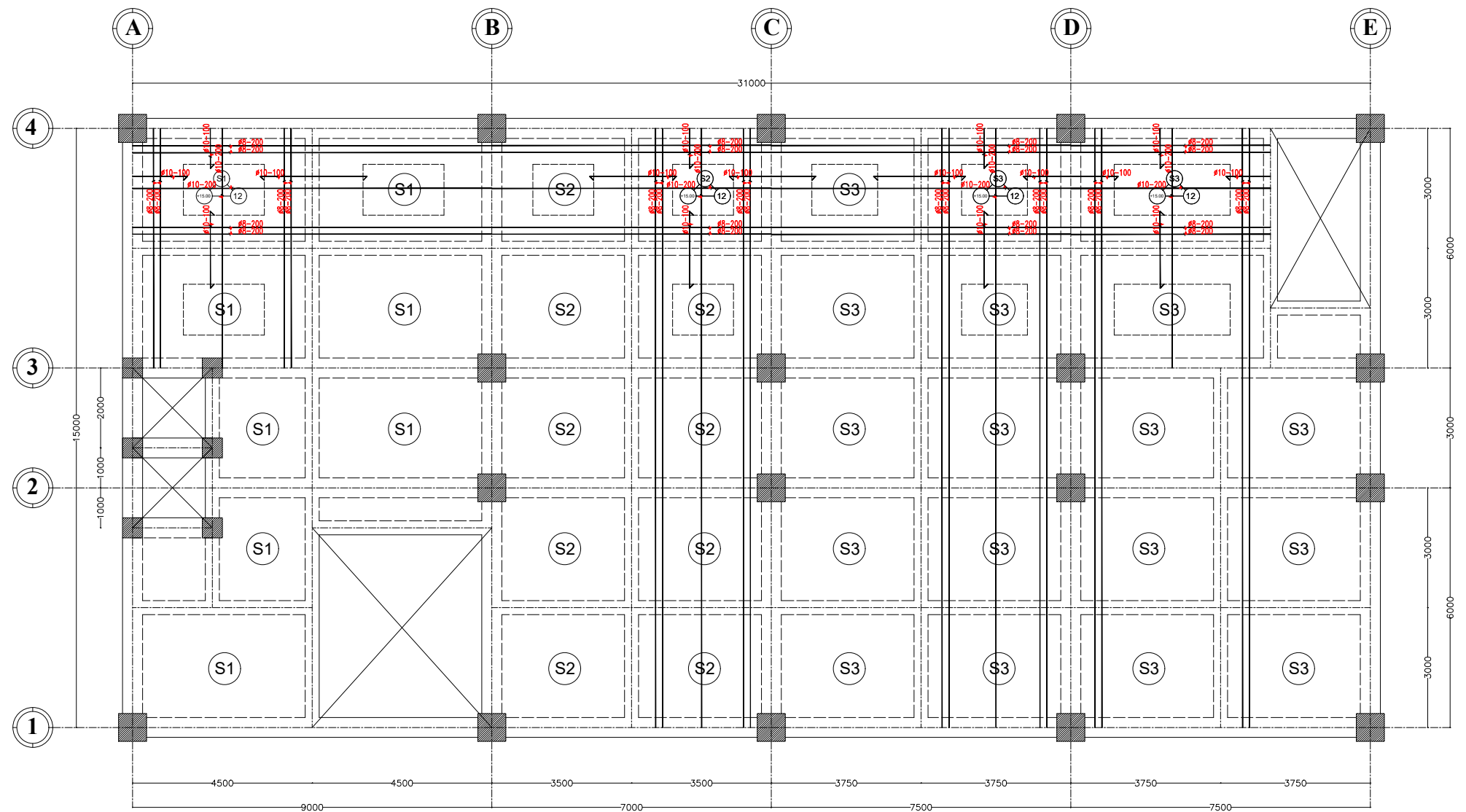
STR

NO LEMBAR

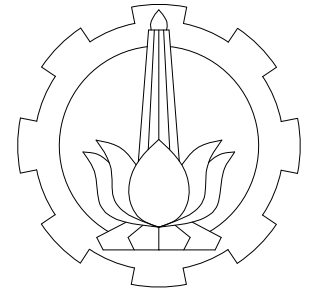
JUML LEMBAR

37

48



Denah Penulangan Plat Lt.5 +15.00
 Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Penulangan Plat
 Lt.6 +19.00

KODE GAMBAR

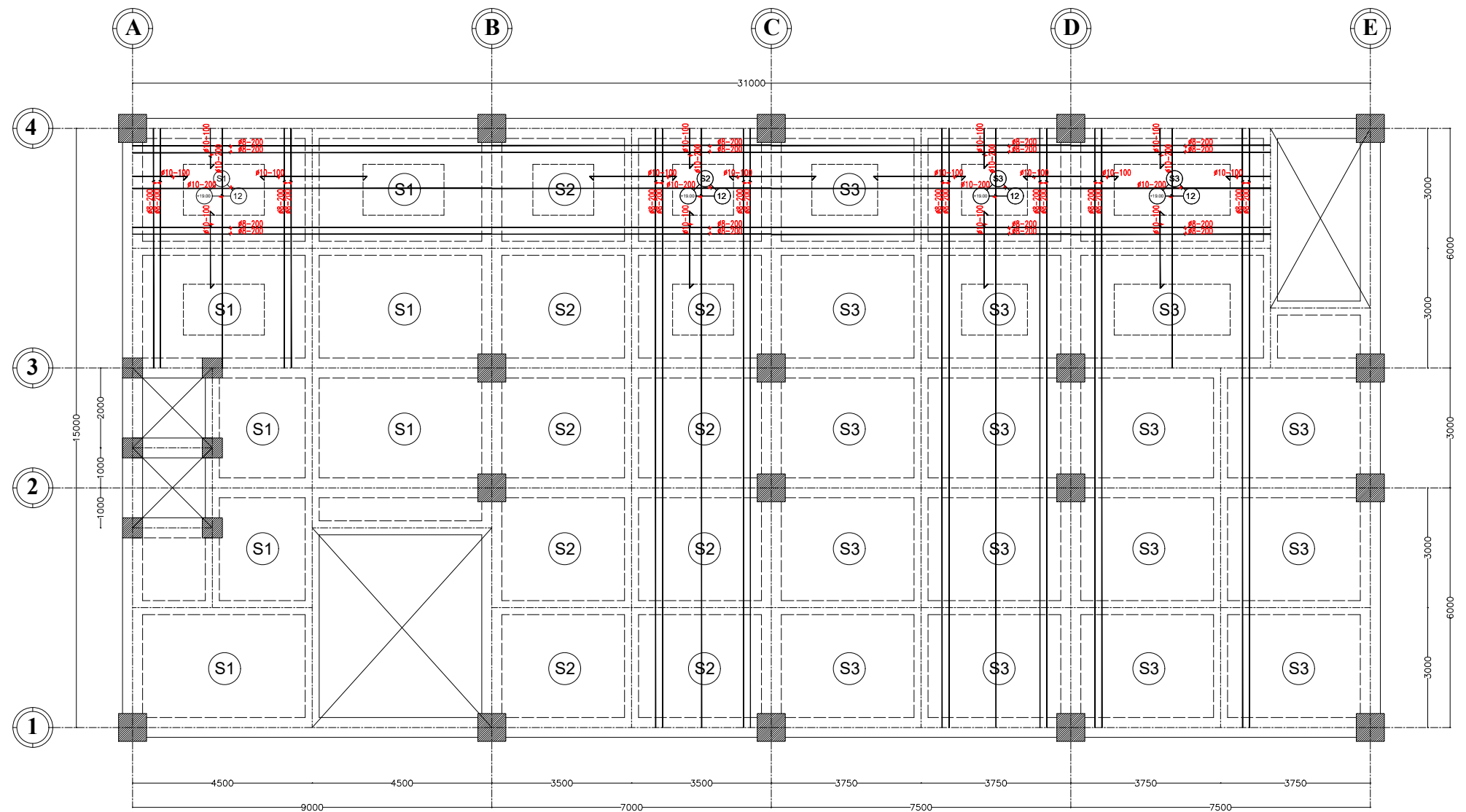
STR

NO LEMBAR

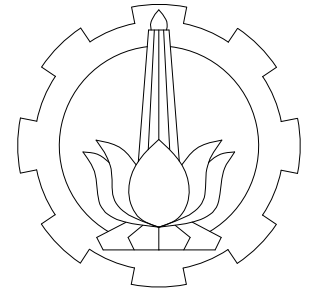
JUML LEMBAR

38

48



Denah Penulangan Plat Lt.6 +19.00
 Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Penulangan Plat Lt.Atap +23.00

KODE GAMBAR

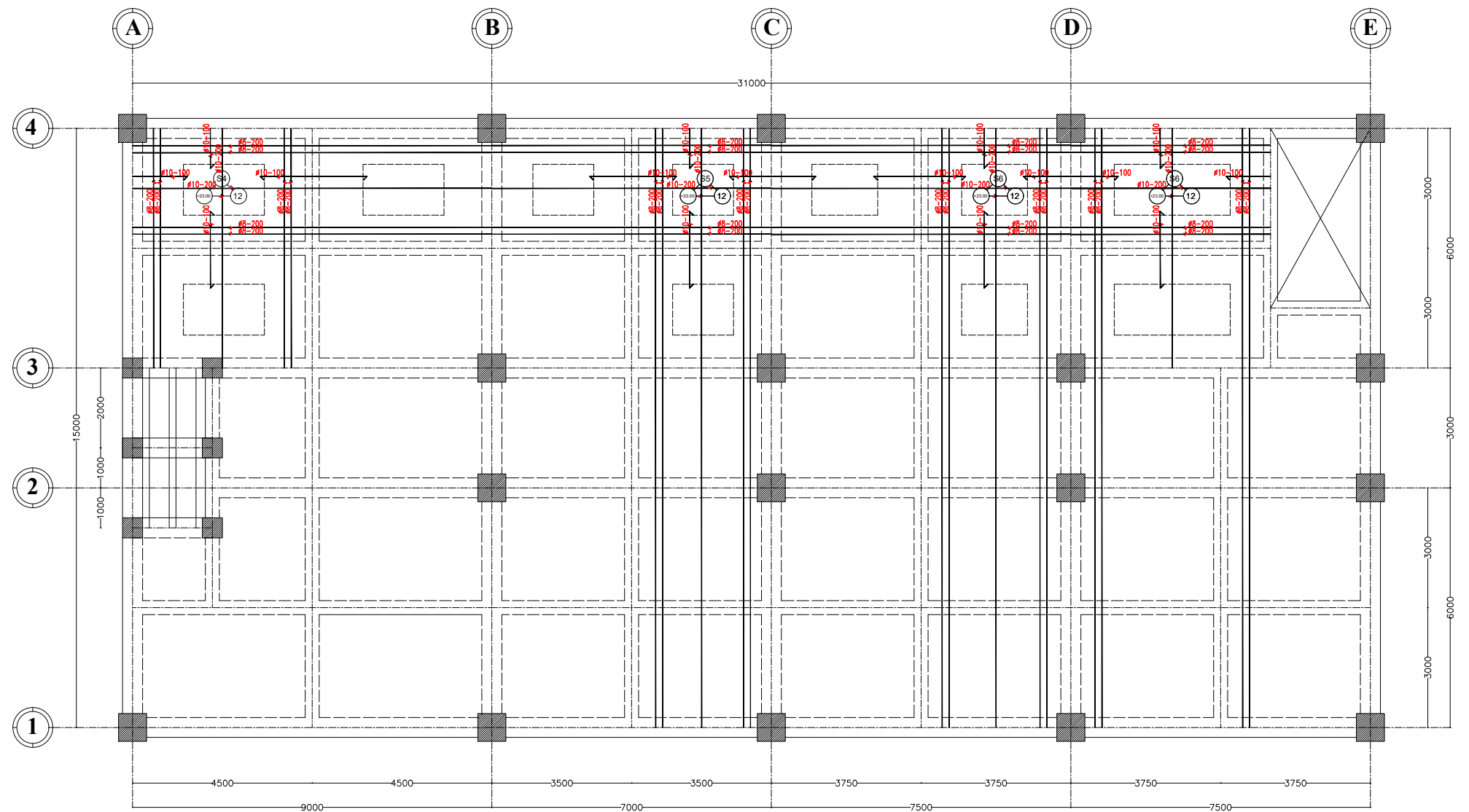
STR

NO LEMBAR

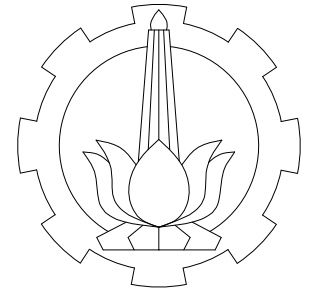
JUML LEMBAR

39

48



Denah Penulangan Plat Lt.Atap +23.00
 Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Denah Penulangan Plat Lt.Rooftop +25.50

KODE GAMBAR

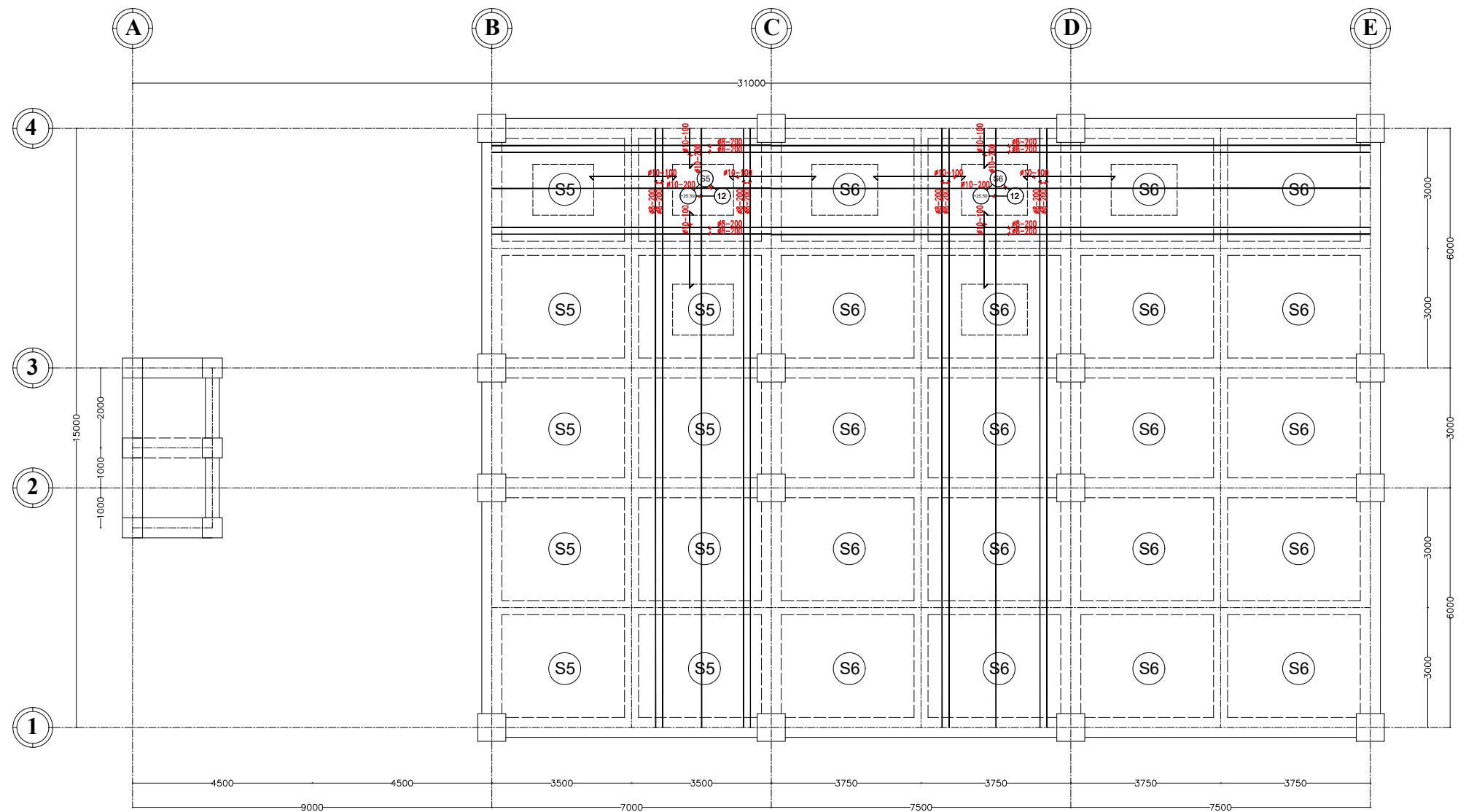
STR

NO LEMBAR

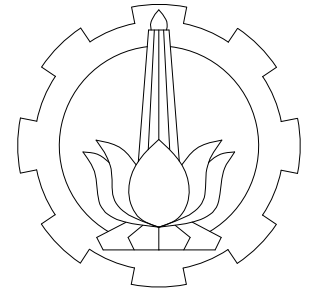
JUML LEMBAR

40

48



Denah Penulangan Plat Lt.Rooftop +25.50
 Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Detail Plat

1 : 50

KODE GAMBAR

STR

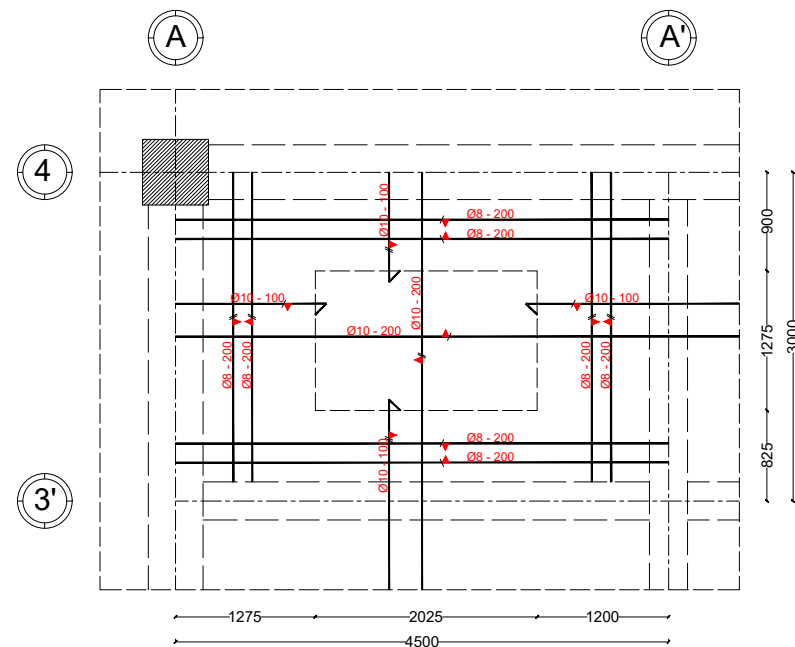
NO LEMBAR

JUML LEMBAR

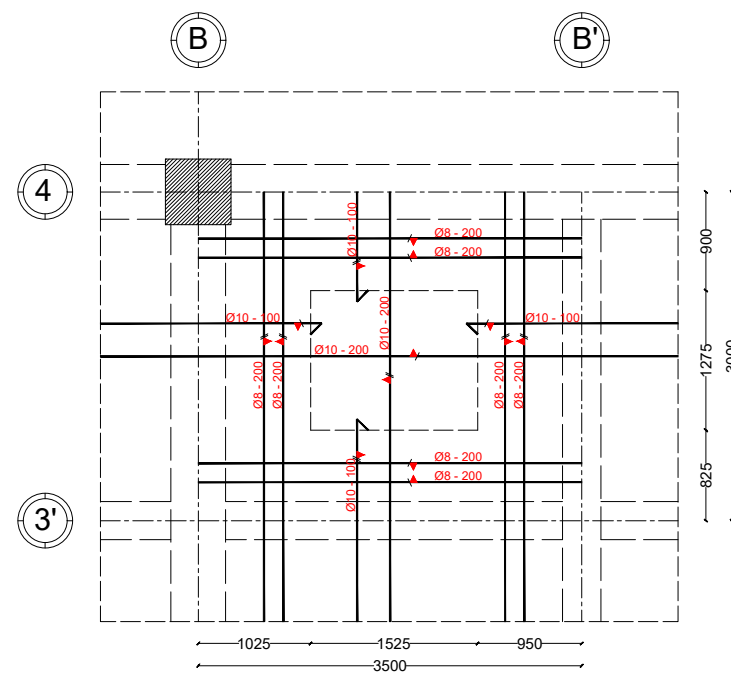
41

48

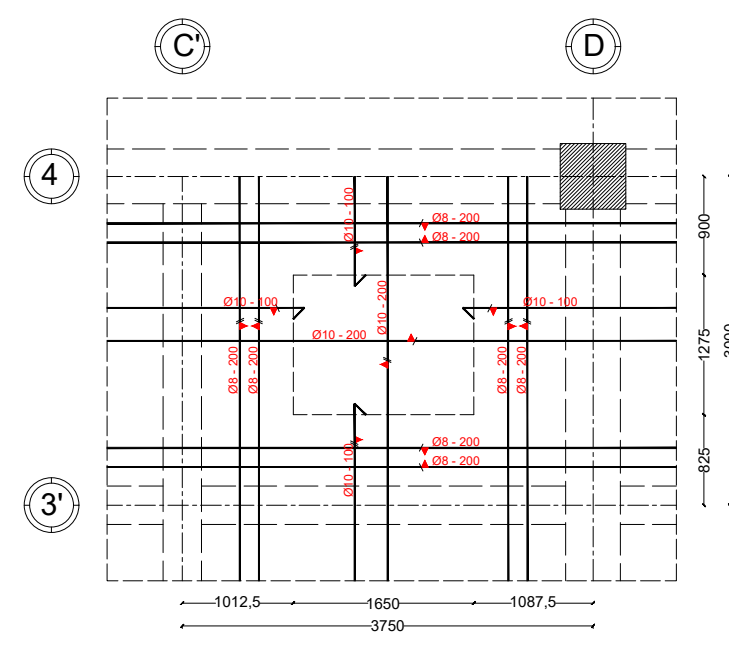
S1



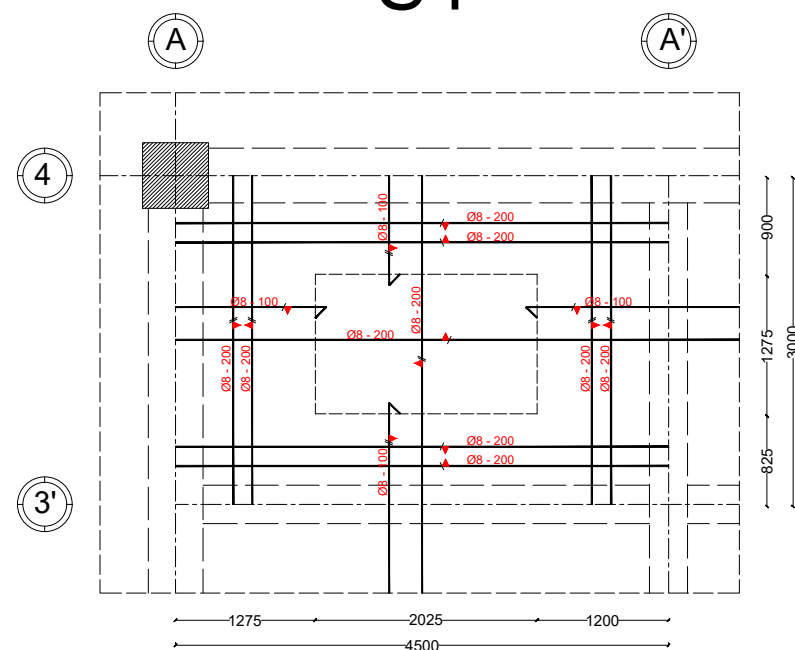
S2



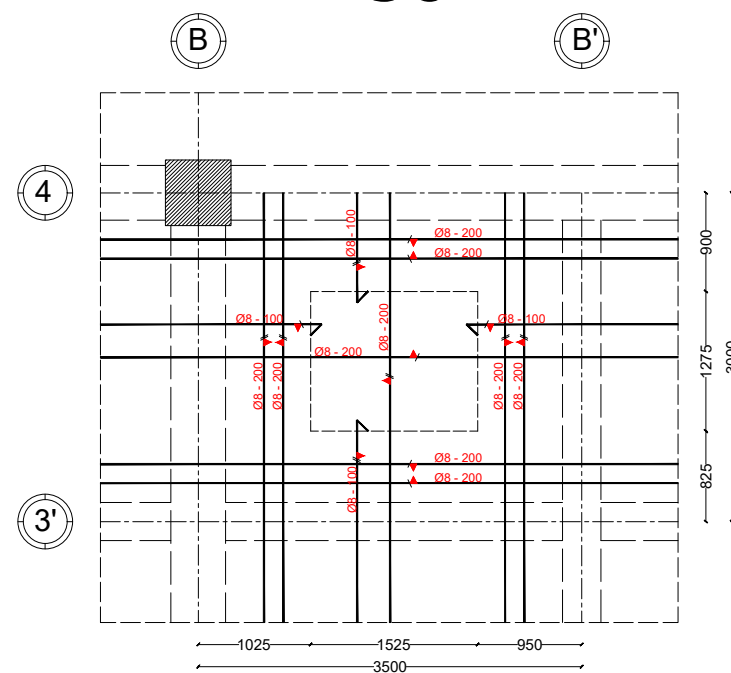
S3



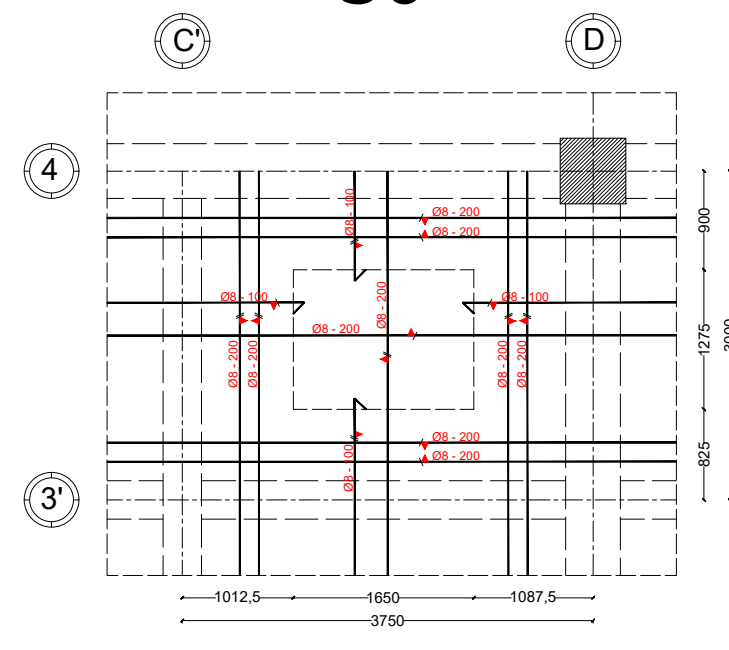
S4

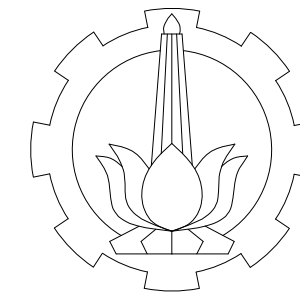


S5



S6





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

TANGGA MASUK

KODE GAMBAR

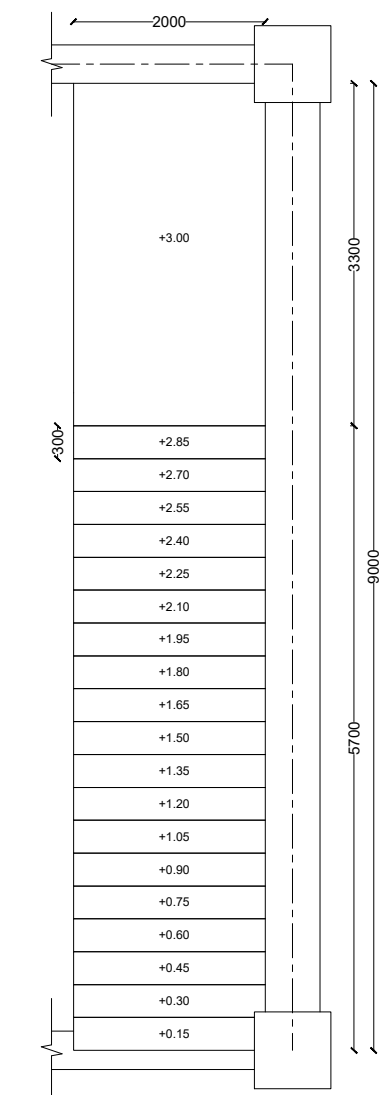
STR

NO LEMBAR

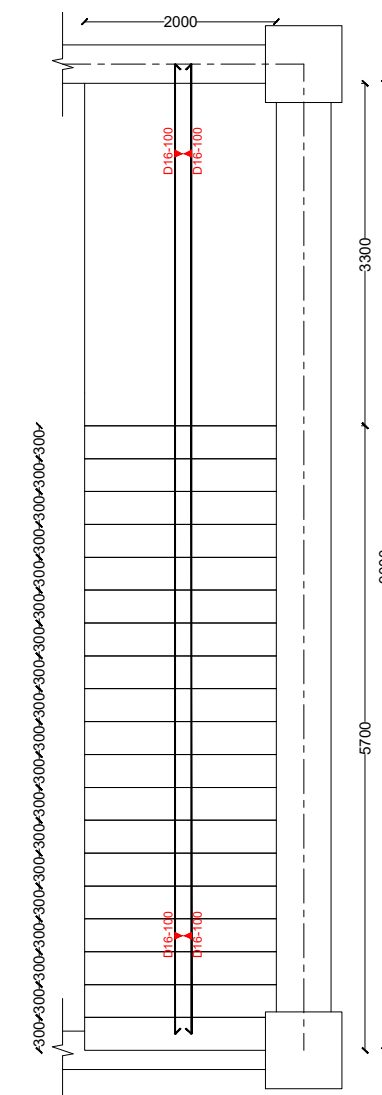
42

JUML LEMBAR

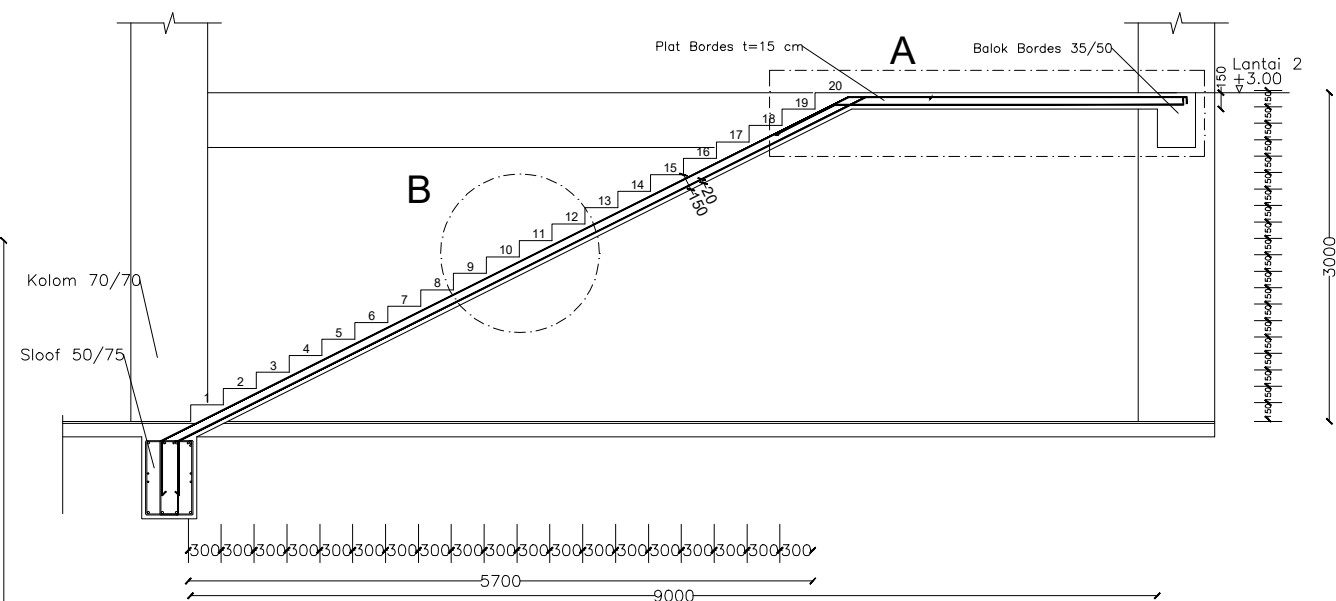
48



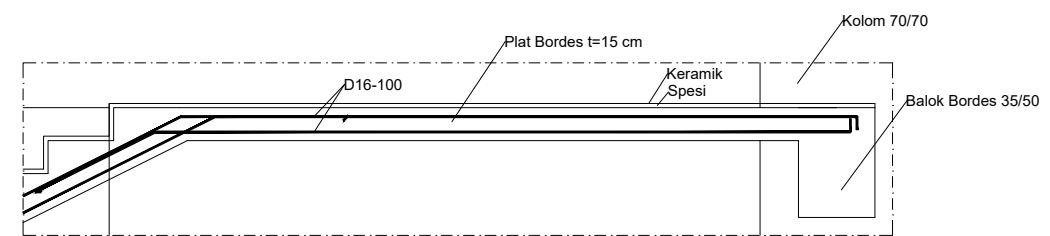
DENAH RENC. TANGGA
 SKALA 1 : 50



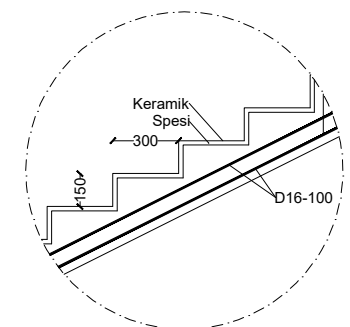
PENULANGAN TANGGA
 SKALA 1 : 50



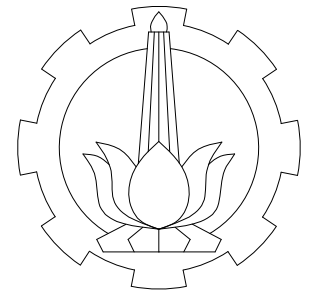
POTONGAN TANGGA
 SKALA 1 : 50



DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

TANGGA UTAMA

KODE GAMBAR

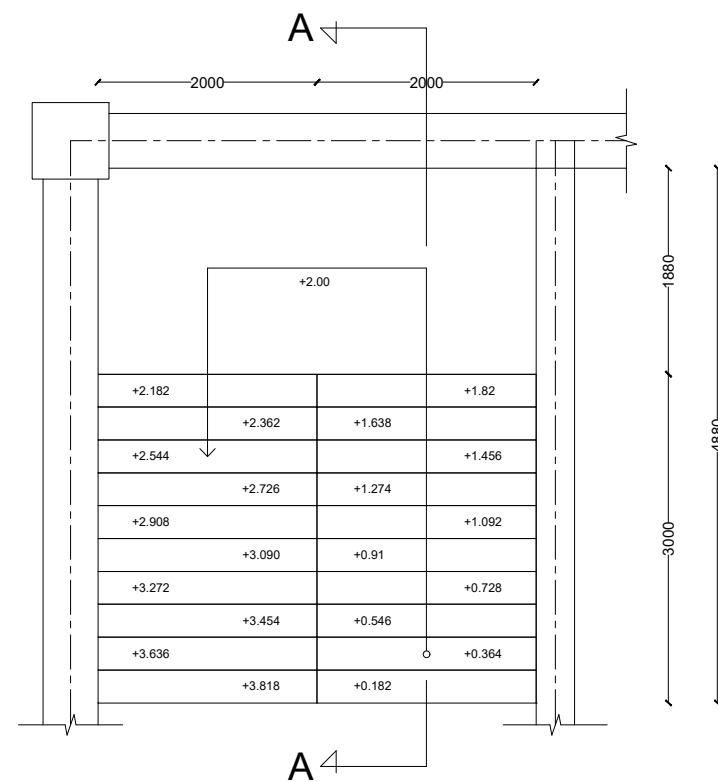
STR

NO LEMBAR

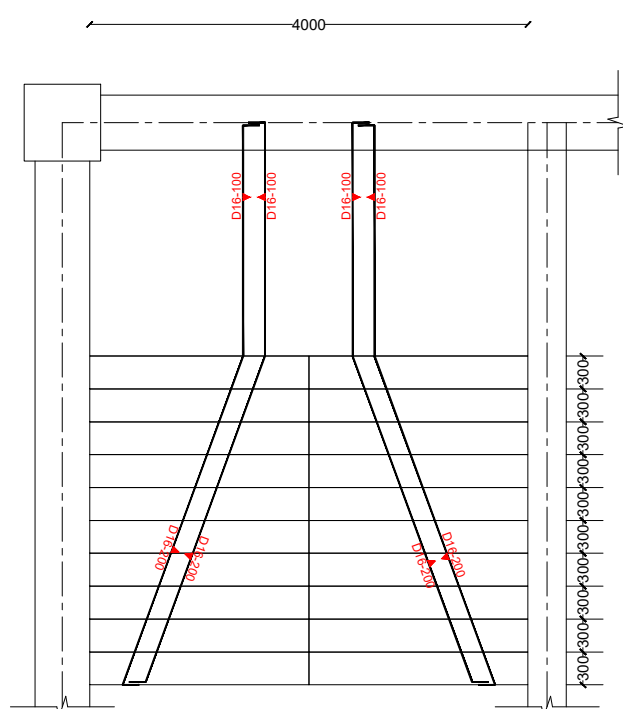
43

JUML LEMBAR

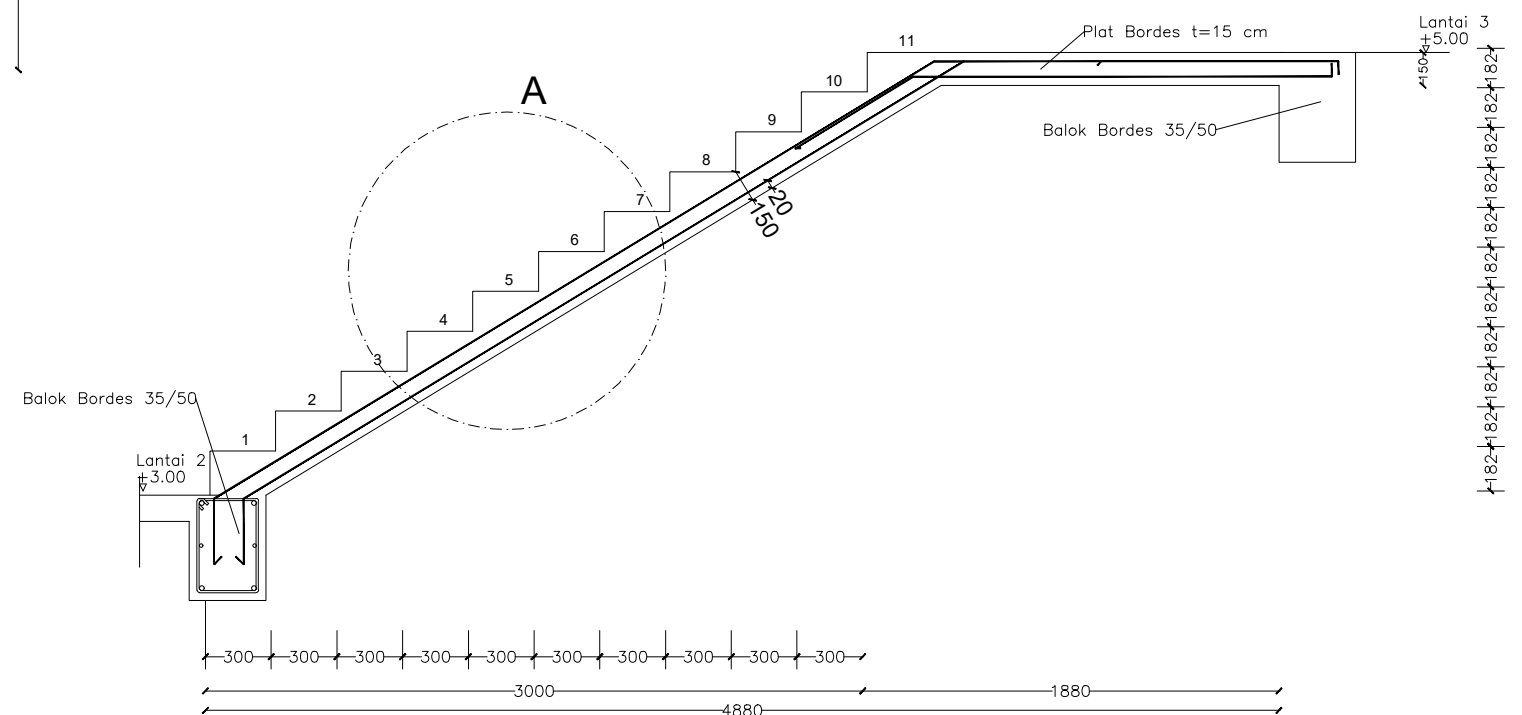
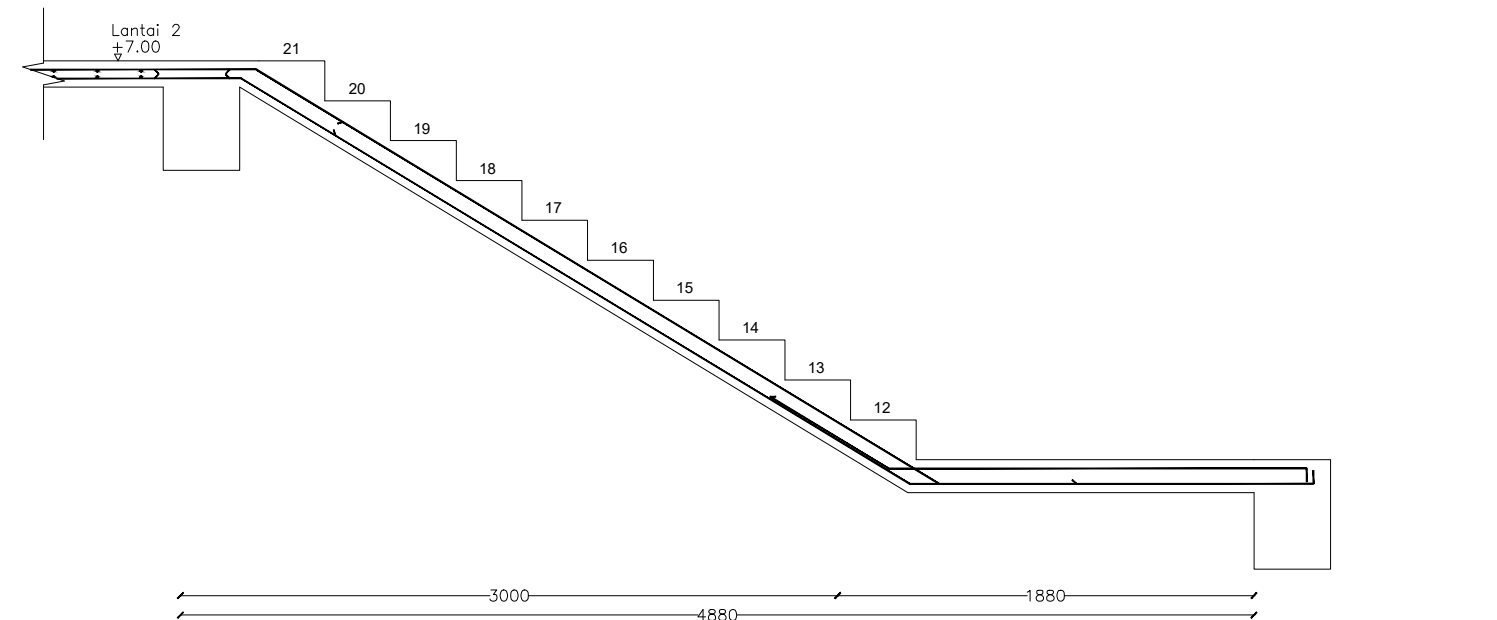
48



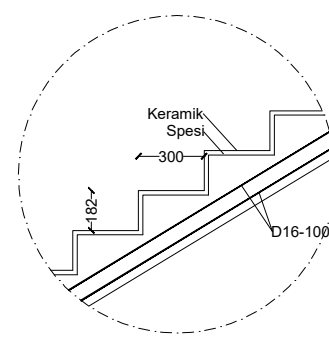
DENAH RENC. TANGGA
 SKALA 1 : 50



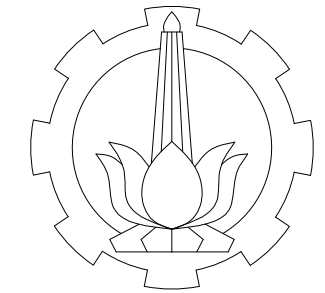
PENULANGAN TANGGA
 SKALA 1 : 50



POTONGAN TANGGA A
 SKALA 1 : 25



DETAIL A
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

TANGGA DARURAT

KODE GAMBAR

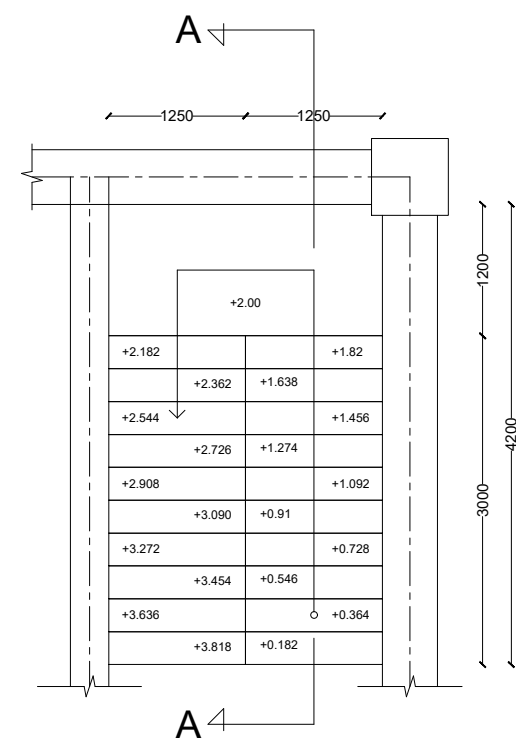
STR

NO LEMBAR

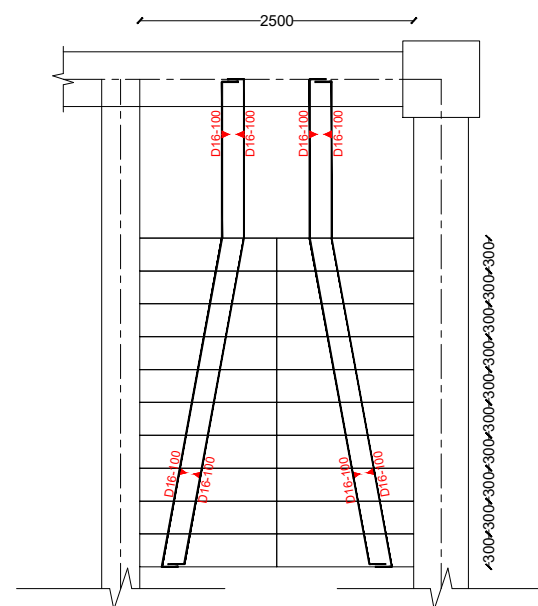
JUML LEMBAR

44

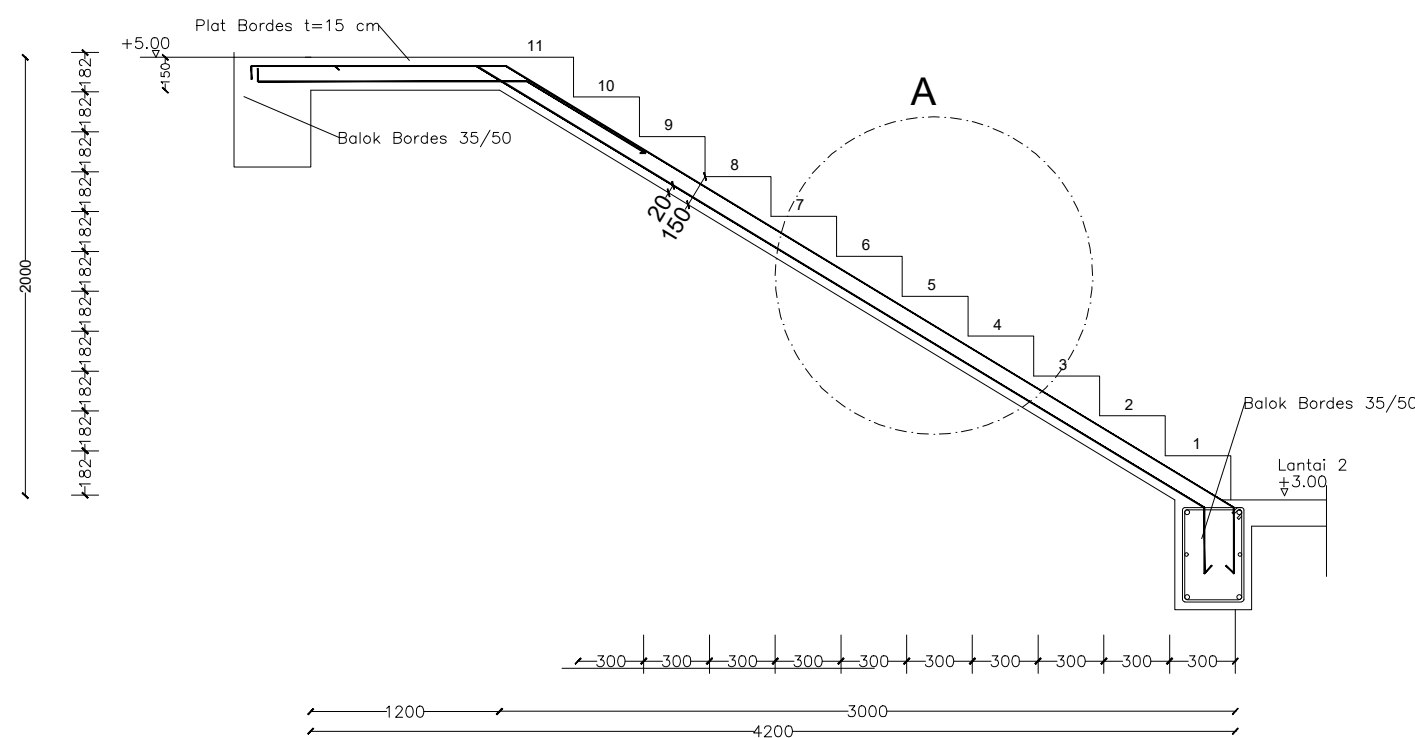
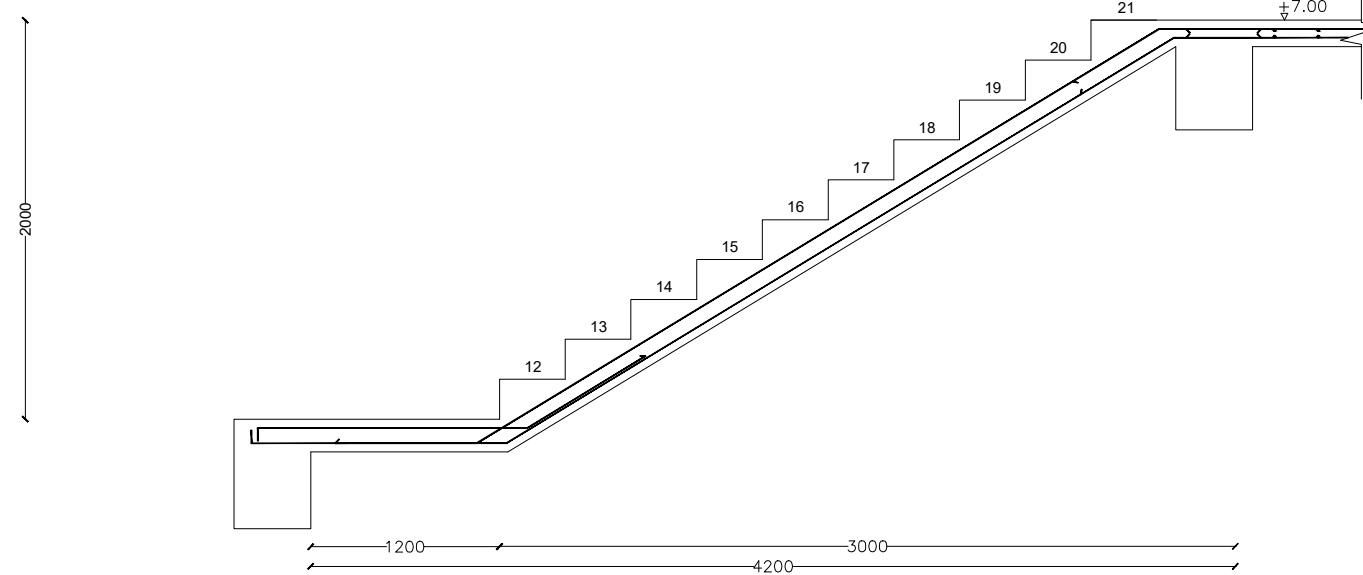
48



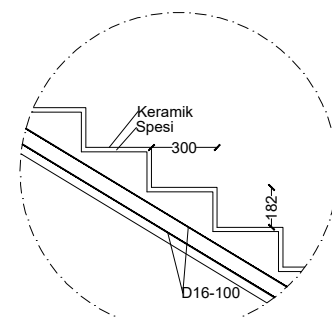
DENAH RENC. TANGGA
 SKALA 1 : 50



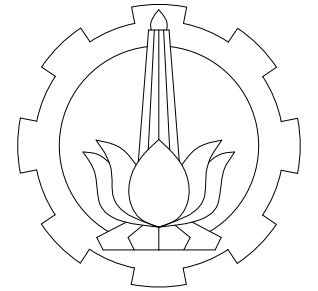
PENULANGAN TANGGA
 SKALA 1 : 50



POTONGAN TANGGA A
 SKALA 1 : 25



DETAIL A
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

TANGGA BELAKANG

KODE GAMBAR

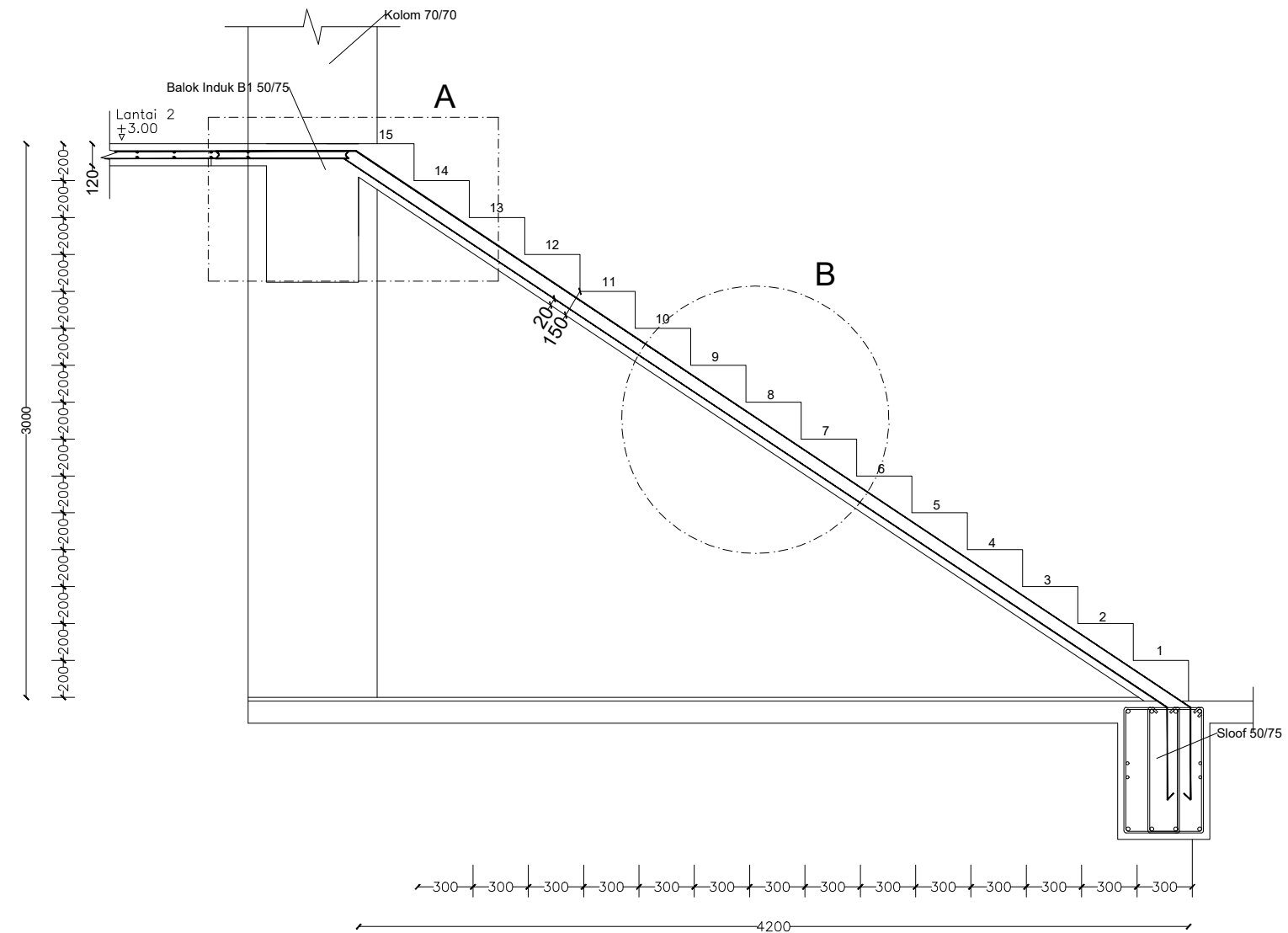
STR

NO LEMBAR

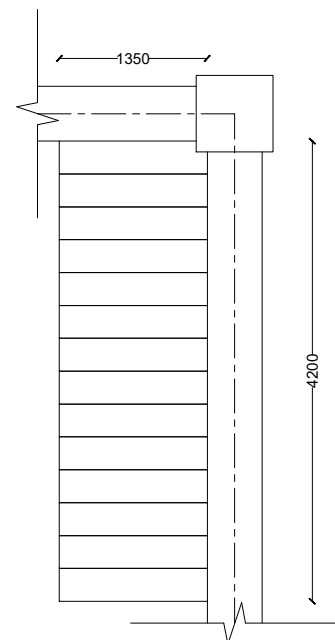
JUML LEMBAR

45

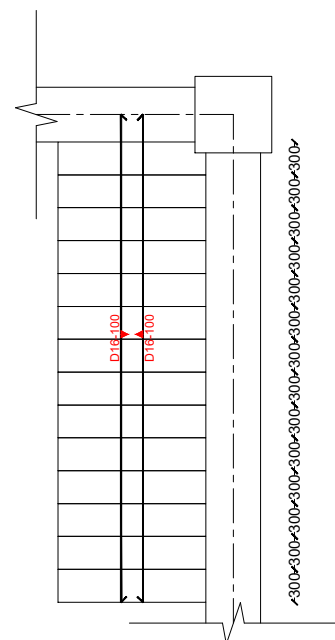
48



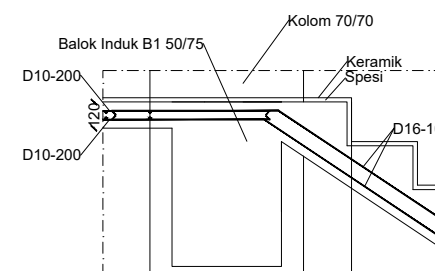
POTONGAN TANGGA
 SKALA 1 : 25



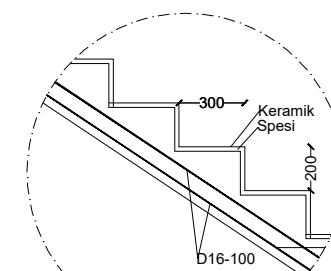
DENAH RENC. TANGGA
 SKALA 1 : 50



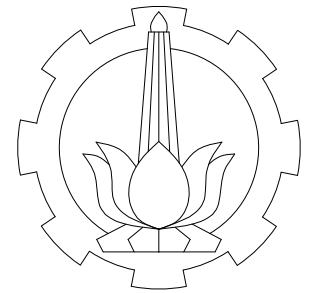
PENULANGAN TANGGA
 SKALA 1 : 50



DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Potongan Portal AS 1

1 : 100

KODE GAMBAR

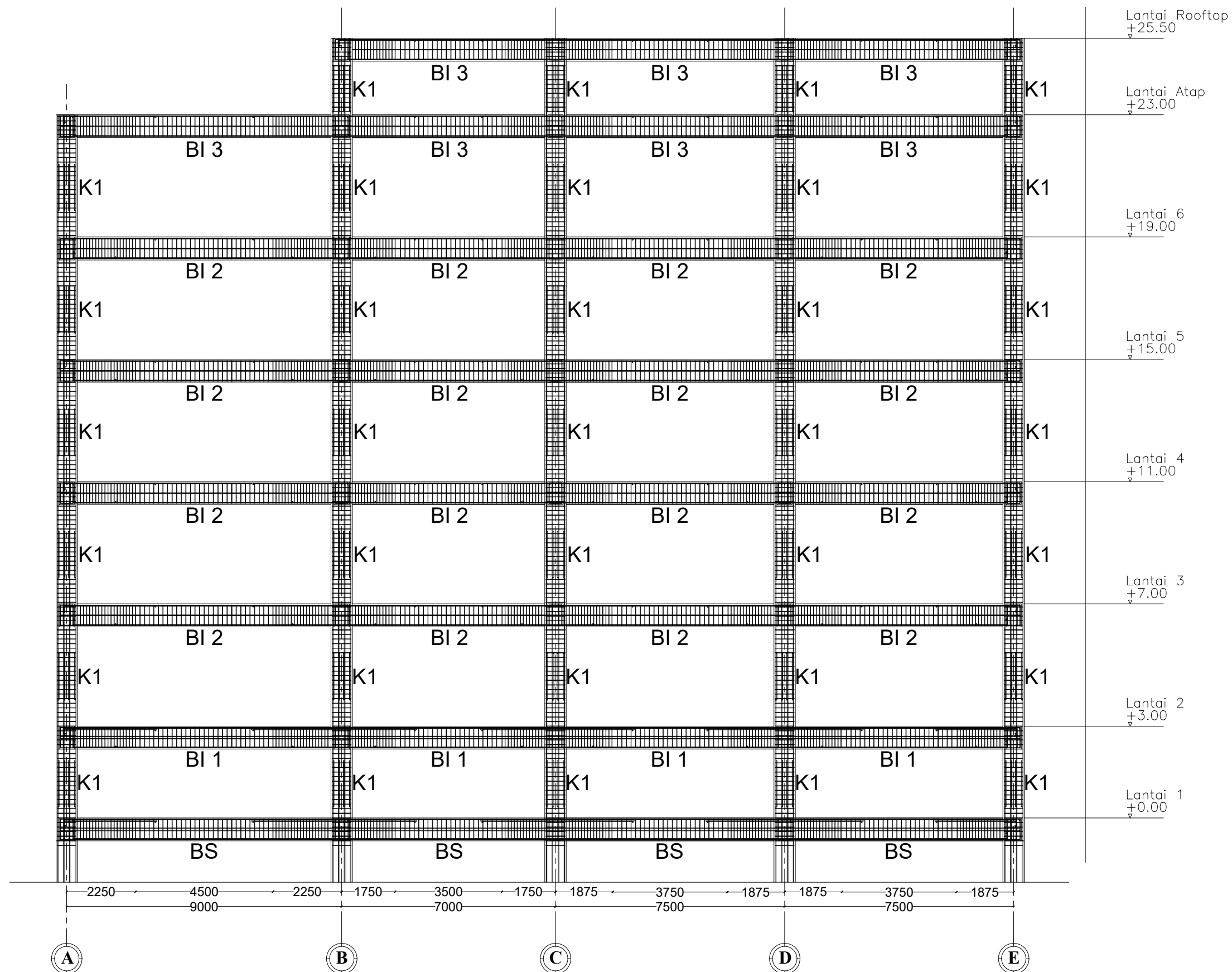
STR

NO LEMBAR

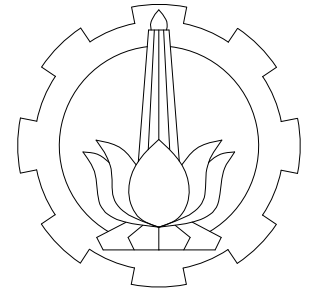
JUML LEMBAR

46

48



Potongan Portal AS 1
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Potongan Portal AS B

1 : 100

KODE GAMBAR

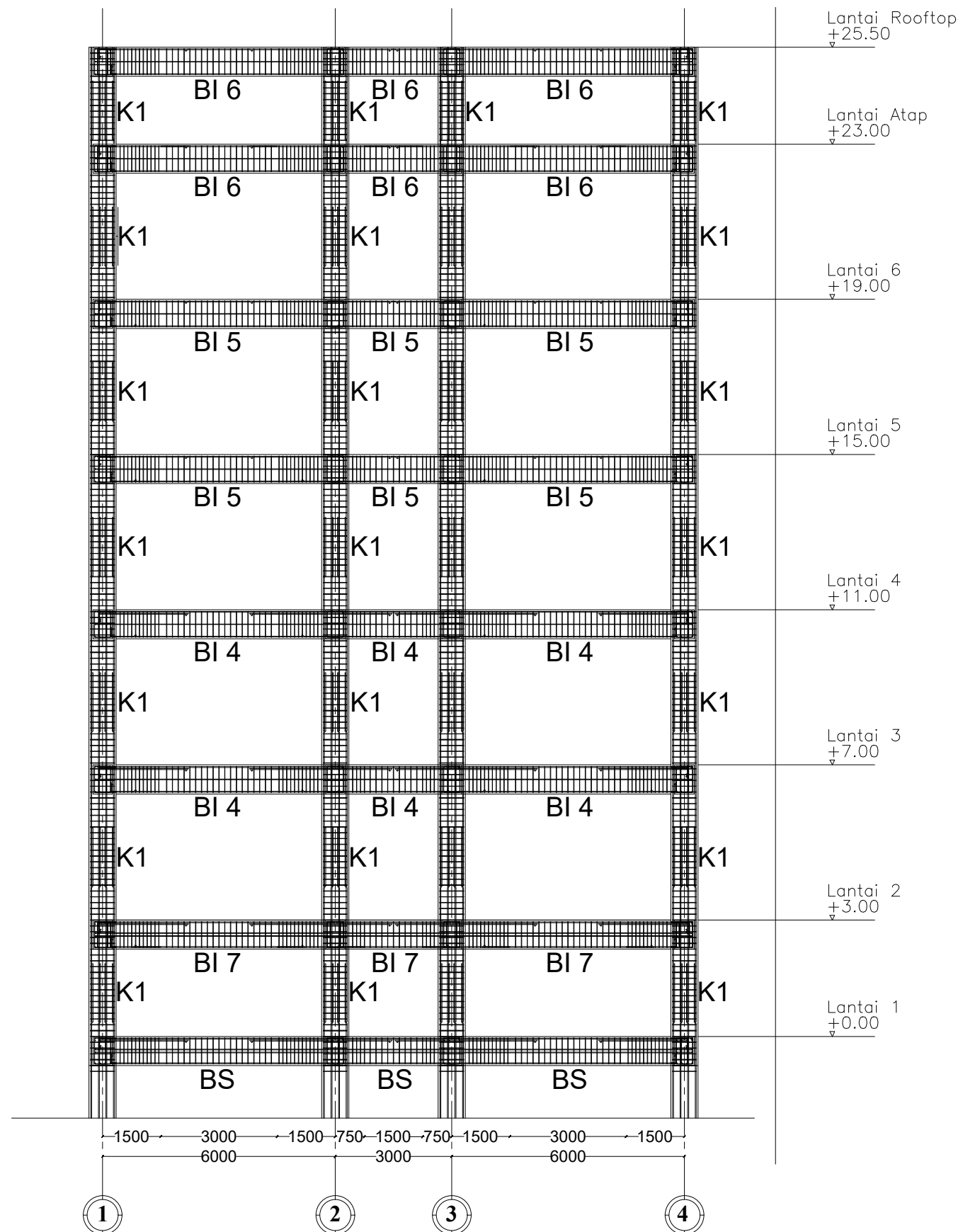
STR

NO LEMBAR

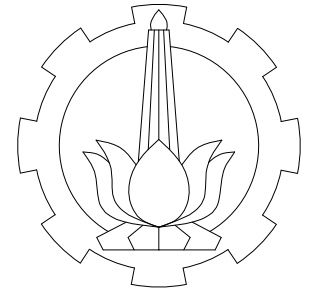
JUML LEMBAR

47

48



Potongan Portal AS B
 Skala 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

NAMA PROYEK

GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 di MALANG

LOKASI

JL. M.T HARYONO NO. 167, LOWOKWARU,
 MALANG

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
 DI MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL
 MOMEN MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

Ana Ghayatul Arifah
 NRP. 3114030034

Muhammad Riziq Akbar
 NRP. 3114030061

JUDUL GAMBAR

SKALA

Detail Memanjang Balok

1 : 50

KODE GAMBAR

STR

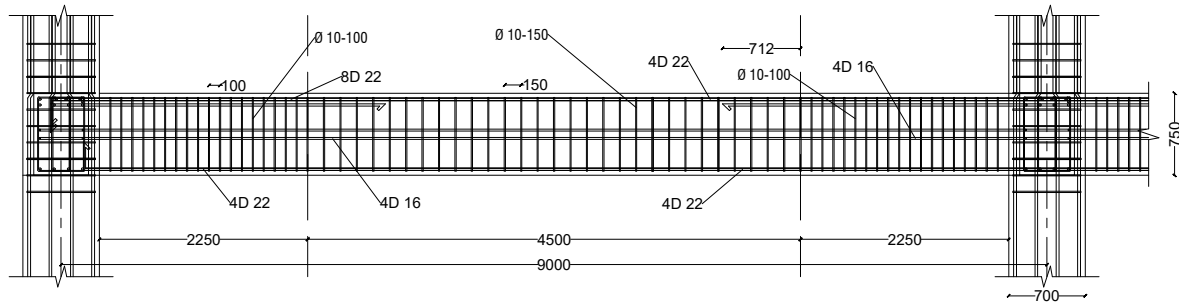
NO LEMBAR

JUML LEMBAR

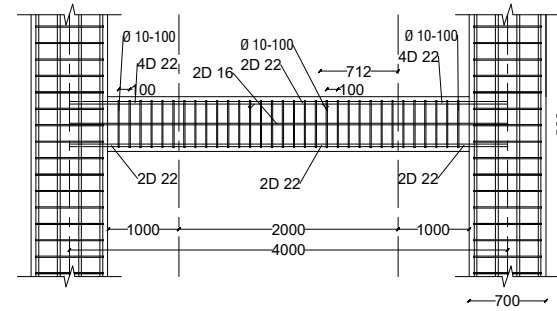
48

48

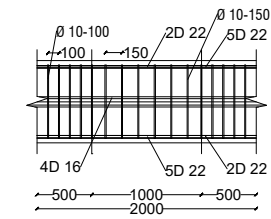
BS



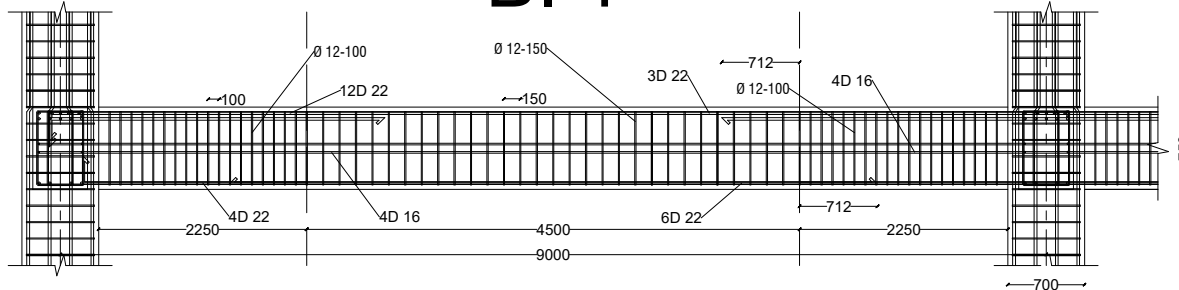
BB 1



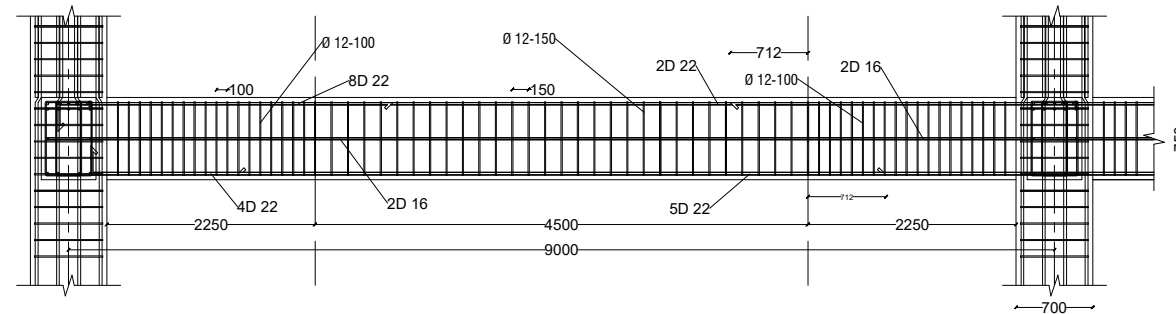
BL



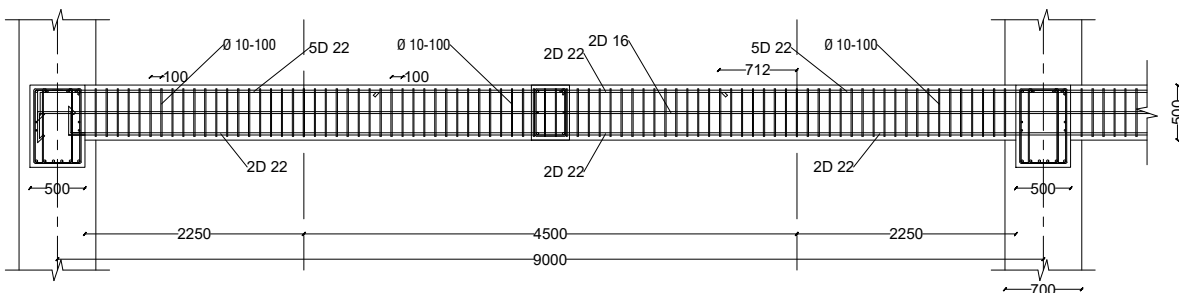
BI 1



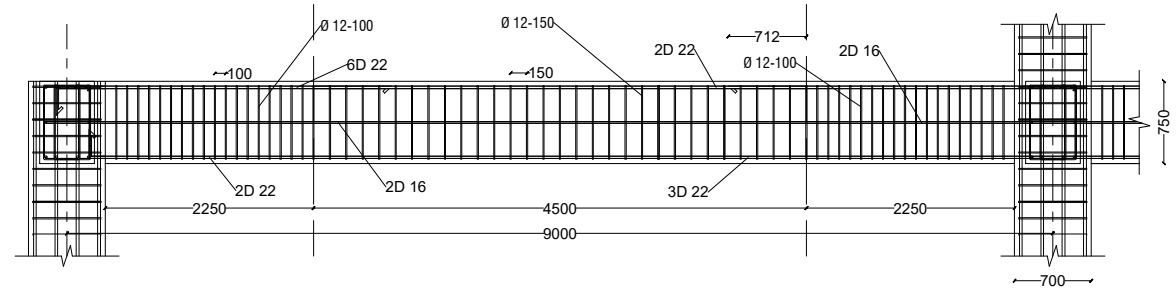
BI 2



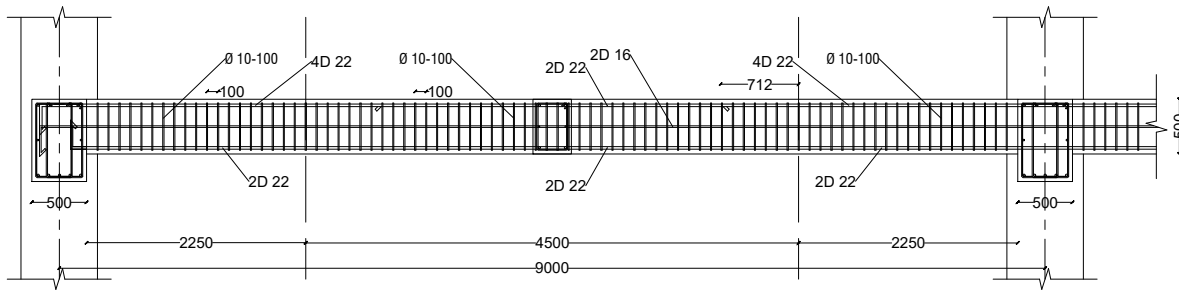
BA 1



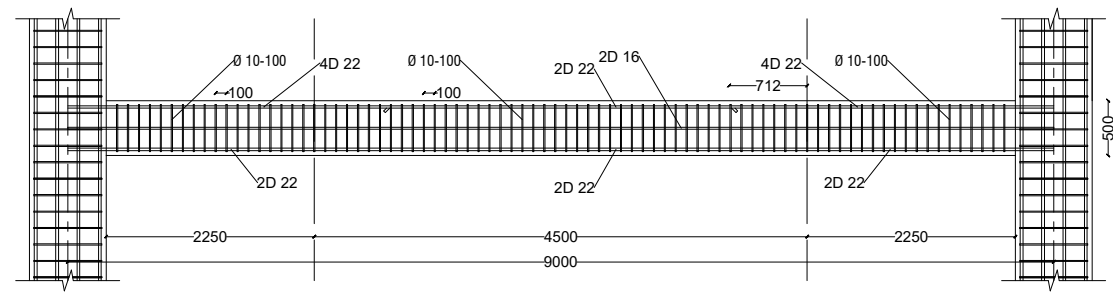
BI 3



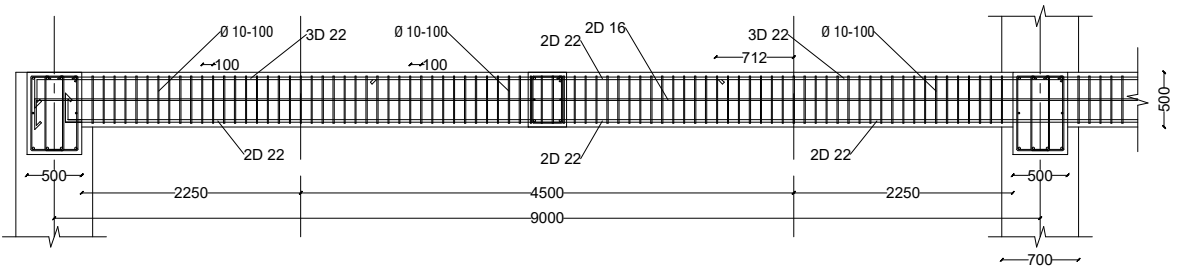
BA 2



BB 2



BA 3



BB 3

